



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 22 879 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**H 01 S 5/10**  
H 01 S 5/323

②1 Aktenzeichen: 100 22 879.8  
②2 Anmeldetag: 10. 5. 2000  
④3 Offenlegungstag: 14. 12. 2000

DE 100 22 879 A 1

③0 Unionspriorität:  
11-128769 10. 05. 1999 JP  
⑦1 Anmelder:  
Pioneer Corp., Tokio/Tokyo, JP  
⑦4 Vertreter:  
Betten & Resch, 80469 München

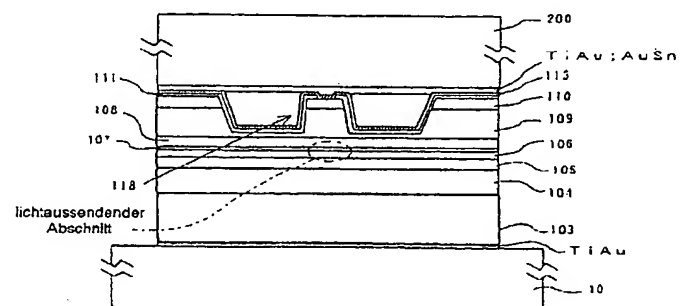
⑦2 Erfinder:  
Chikuma, Kiyofumi, Tsurugashima, Saitama, JP;  
Ota, Hiroyuki, Tsurugashima, Saitama, JP; Tanaka,  
Toshiyuki, Tsurugashima, Saitama, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Nitrid-Halbleiterlaser und Verfahren zu dessen Herstellung

⑤7 Ein Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung, die Kristallschichten aufweist, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter  $(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) hergestellt sind, die der Reihe nach auf einer Grundsicht  $(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) geschichtet sind. Das Verfahren enthält einen Schritt des Ausbildens mehrerer Kristallschichten, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter hergestellt sind, auf einer Grundsicht, die auf einem Substrat wie z. B. Saphir ausgebildet ist; einen Schritt des Aufbringens eines Lichtstrahls von der Substratseite in Richtung zur Grenzfläche zwischen dem Substrat und der Grundsicht, um somit einen Bereich zersetzter Materie eines Nitrid-Halbleiters auszubilden; einen Schritt des Trennens der die Kristallschichten tragenden Grundsicht vom Substrat entlang des Bereiches zersetzter Materie; und einen Schritt des Spaltens der Grundsicht, um somit eine Spaltungsebene der Kristallschichten auszubilden.



DE 100 22 879 A 1

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Gruppe-III-Nitrid-Halbleitervorrichtung (im folgenden auch einfach als Vorrichtung bezeichnet) und insbesondere auf ein Herstellungsverfahren einer Halbleiterlaservorrichtung, die dasselbe Materialsystem verwendet.

## 2. Beschreibung des Standes der Technik

Eine Laservorrichtung muß einen Resonator für seinen Betrieb aufweisen, der aus einem Paar flacher paralleler Spiegelflächen besteht. Im Fall der Herstellung einer gewöhnlichen Laservorrichtung z. B. (Fabry-Perot-Typ), der ein Halbleiterkristallmaterial wie z. B. GaAs verwendet, wird die Spaltbarkeit des GaAs-Kristalls, z. B. des Substratkristalls, für die Herstellung der Spiegelflächen verwendet.

Im Fall einer Gruppe-III-Nitrid-Halbleitervorrichtung ist es unvermeidbar, das Epitaxial-Züchten der Kristallschicht auf einem unähnlichen Substrat wie z. B. einem Saphir, SiC oder dergleichen durchzuführen, da ein großer Nitridkristall extrem teuer in der Praxis zu verwenden ist, obwohl er hergestellt werden könnte.

SiC wird häufig nicht als Substrat für die Nitrid-Vorrichtungen verwendet, da SiC-Substrate ebenfalls teuer sind und eine Nitridschicht auf dem SiC-Substrat leicht bricht aufgrund der Differenz der thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen diesen. Daher wird gewöhnlich Saphir als ein Substrat für die Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaservorrichtungen verwendet. Im Fall des Epitaxial-Züchtens der Nitride auf einem Saphirsubstrat wird eine hochwertige Einzelkristallschicht auf einer C-Fläche erhalten, d. h. auf der (0001)-Ebene des Saphirs, oder auf einer A-Fläche, d. h. der (1120)-Ebene (im folgenden als (11-20)-Ebene bezeichnet) des Saphirs.

Die Spiegelflächen können ausgebildet werden durch einen Ätzprozeß, wie z. B. ein Reaktivionenätzen (RIE) anstelle des Spaltens, da das Saphirsubstrat kaum zu Laserstangen gespalten werden kann im Vergleich zu dem GaAs-Substrat, das bisher für Halbleiterlaservorrichtung verwendet wurde.

Das Reaktivionenätzen wird hauptsächlich als ein Verfahren zum Erhalten der Spiegelflächen des Nitrid-Halbleiterlasers auf dem Saphirsubstrat derzeit verwendet. Die resultierende Vorrichtung mit den mittels des Reaktivionenätzverfahrens ausgebildeten Spiegelflächen hat jedoch den Nachteil, daß das Fernfeldmuster des ausgesendeten Lichts mehrere Flecken aufweist. Der Massenproduktionstyp-GaN-Laser mit den gespaltenen Spiegelflächen wird wiederum hinsichtlich der Beseitigung des Mehrfachleckphänomens in Fernfeldmuster wie oben erwähnt untersucht.

Selbstverständlich kann die Spaltung nicht vorzugsweise auf den Saphir in der Massenherstellung angewendet werden. Daher wurde das folgende Verfahren verwendet. Zuerst wird nach dem Ausbilden einer dicken Grundschrift eines GaN-Films z. B. mit einer Dicke von ungefähr 200 µm auf einem Saphirsubstrat die Rückseite des Saphirsubstrats des erhaltenen Wafers geschliffen oder geläppt, um den Saphirabschnitt zu entfernen, so daß das GaN-Substrat erhalten wird. Als nächstes wird das Epitaxial-Züchten der Laserstruktur auf dem GaN-Substrat durchgeführt. Aus dem erhaltenen Wafer können Laservorrichtungen hergestellt werden.

Jedoch erfordert das herkömmliche Verfahren des Läp-

pens der Rückseite des Saphirsubstrats, wie oben beschrieben, viele Schritte und ist kompliziert. Als Ergebnis ergibt sich durch das Verfahren eine sehr geringe Ausbeute der Gruppe-III-Nitrid-Halbleitervorrichtungen. Ein solches Verfahren ist für die Massenherstellung nicht geeignet.

Obwohl Saphir keine definierte Spaltungsebene aufweist, wie z. B. ein Si- oder GaAs-Wafer, ist ein C-Flächen-Saphir sehr einfach spaltbar entlang seiner (1100)-Ebene (im folgenden als (1-100)-Ebene bezeichnet), während ferner ein A-Flächen-Saphir leicht längs seiner (1102)-Ebene (im folgenden mit (1-102)-Ebene bezeichnet) geteilt werden kann, der sogenannten R-Ebene, sehr ähnlich der Spaltung des gewöhnlichen Kristalls. Es ist zu beachten, daß die Ausbildung der Spiegelflächen von Nitrid-Halbleiterlasern auf einem Saphirsubstrat durch folgende Verfahren erreicht werden kann: das erste ist ein Verfahren des Züchtens von Nitrid-Halbleiterlasern auf einem C-Flächen-Saphirsubstrat und anschließendes Spalten des Wafers längs der (1-100)-Ebene des Saphirsubstrats. Das zweite ist ein Verfahren des Züchtens von Nitrid-Halbleiterlasern auf einem A-Flächen-Saphirsubstrat und anschließendes Spalten des Wafers längs der (1-102)-Ebene des Saphirsubstrats.

Bei dem ersten Verfahren der Spiegelflächenausbildung, die auf die auf einem C-Flächen-Saphirsubstrat gezogene Vorrichtung angewendet wird, bestehen die Probleme, daß ein Saphirsubstrat nicht gespalten werden kann, solange das Substrat nicht dünn genug gemacht wird durch Herunterläppen der Rückseite des Substrats, wobei dies keine hohe Reproduzierbarkeit aufweist. Diese Probleme werden verursacht durch die Tatsache, daß die (1-100)-Ebene des Saphirs keine explizite Spaltungsebene ist. Da ein Saphir ein sehr harter Kristall ist, kann er nicht exakt längs einer gekerbten Linie auf seiner Oberfläche gespalten werden, solange er nicht dünn genug gemacht wird, wobei die Dicke des Saphirsubstrats auf ungefähr 100 µm reduziert werden sollte, um Spiegelflächen zu erhalten, die für Laservorrichtungen brauchbar sind. Wenn die Rückseite eines Wafers, auf dem eine Vorrichtungsstruktur bereits ausgebildet ist, geläppt wird, wird der Wafer verformt oder verzerrt aufgrund der Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten des Saphirs und des Nitrids oder aufgrund der Restspannung, die durch den Läppungsprozeß erzeugt wird. Wenn die Rückseite eines Vorrichtungswafers geläppt wird, kann der Wafer daher während des Prozesses leicht brechen. Dies ist sehr ungünstig für die Massenherstellung. Die (1-100)-Ebene des Saphirs ist keine Spaltungsebene. In vielen Fällen wird daher GaN längs einer Richtung gespalten, die etwas von dessen Spaltungsebene abweicht, wobei die Bruchoberfläche aus vielen Flächen der (1-100)-Ebenen des GaN besteht, die jeweils eine Spaltungsebene darstellen, wodurch ein stufiges Erscheinungsbild geschaffen wird. Das stufige Erscheinungsbild bewirkt eine Verschlechterung der Reflektivität und der Perturbation der Wellenfront des ausgesendeten Lichts und beeinträchtigt somit die Qualität der Spiegelflächen für die optische Resonanz einer Laservorrichtung.

Beim zweiten Verfahren der Spiegelflächenausbildung, das auf die auf ein A-Flächen-Saphirsubstrat ausgebildete Vorrichtung angewendet wird, besteht das Problem, daß die Qualität der Bruchebene des GaN nicht ausreichend ist.

Da das Saphirsubstrat leicht längs seiner Spaltungsebene (1-102), der sogenannten R-Ebene, gespalten werden kann, ist es möglich, den Saphir mit einer Dicke von 250 bis 350 µm zu spalten, der normalerweise als Substrat verwendet wird. Wenn jedoch wie in Fig. 1 gezeigt eine Laserstruktur auf der A-Fläche eines Saphirsubstrats ausgebildet wird und der Saphir längs seiner R-Ebene geteilt wird, wie durch den Pfeil in der Figur gezeigt, werden auf der Seitenoberfläche der GaN-Schichten feine Striationen ausgebildet. Dies

wird hervorgerufen durch den folgenden Grund, daß der Laserwafer längs der R-Ebene des Saphirs gespalten wird, da ein Großteil des Wafers aus Saphir gefertigt ist. Die R-Ebene des Saphirs ist um einen Winkel von  $2,4^\circ$  gegenüber der (1-100)-Ebene des gezogenen GaN gekippt, wie in Fig. 2 gezeigt ist, nachdem ein sich fortpflanzender Sprung längs der R-Ebene des Saphirs die Saphir-GaN-Grenzfläche erreicht, wobei sich der Sprung in das GaN weiter längs der R-Ebene des Saphirs bis zu einer gewissen Tiefe fortpflanzt. Das GaN neigt jedoch dazu, in seiner kristallographischen Spaltungsebene (1-100) zu brechen. Somit werden mehrere (1-100)-Flächen des GaN in einer solchen stufigen Weise ausgebildet, daß die Striationen auf der Bruchebene des GaN erscheinen, wie in Fig. 1 gezeigt ist.

Als Ergebnis ist im Fall des A-Fläche-Saphirsubstrats die Qualität der Bruchebene nicht sehr gut, obwohl sie reproduzierbar ist.

#### AUFGABE UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaser zu schaffen, der Spiegelflächen mit hoher Qualität für eine Laserstruktur aufweist, sowie ein Verfahren zum Herstellen der Laservorrichtung mit hoher Reproduzierbarkeit.

Ein Herstellungsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung, die Kristallschichten aufweist, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter  $(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) hergestellt sind, die der Reihe nach auf einer Grundschrift  $(Al_xGa_{1-x})_{1-y'}In_{y'}N$  ( $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ ) geschichtet sind, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt:

Ausbilden mehrerer Kristallschichten, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter gefertigt sind, auf einer auf einem Substrat ausgebildeten Grundschrift, wobei die Kristallschichten eine aktive Schicht enthalten;

Aufbringen eines Lichtstrahls von der Substratseite in Richtung zur Grenzfläche zwischen dem Substrat und der Grundschrift, wodurch ein Bereich zersetzter Materie des Nitrid-Halbleiters ausgebildet wird;

Trennen der Grundschrift mit den darauf befindlichen Kristallschichten vom Substrat längs des Bereiches zersetzter Materie; und

Spalten der Grundschrift, wodurch eine Spaltungsebene der Kristallschichten ausgebildet wird.

Gemäß einem Aspekt des Herstellungsverfahrens gemäß der Erfindung wird die Wellenlänge des Lichtstrahls aus den Wellenlängen ausgewählt, die durch das Substrat hindurchtreten und von der Grundschrift in der Nähe der Grenzfläche absorbiert werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt des Herstellungsverfahrens gemäß der Erfindung umfaßt das Verfahren ferner zwischen dem Schritt des Ausbildens der Kristallschichten und dem Schritt des Richtens des Lichtstrahls auf die Grenzfläche einen Schritt des Klebens eines spaltbaren zweiten Substrats auf die Oberfläche der Kristallschichten derart, daß eine Spaltungsebene des zweiten Substrats im wesentlichen mit einer Spaltungsebene der Kristallschichten des Nitrid-Halbleiters zusammenfällt.

Gemäß einem weiteren Aspekt des Herstellungsverfahrens gemäß der Erfindung wird im Schritt des Richtens des Lichtstrahls auf die Grenzfläche der Lichtstrahl gleichmäßig oder vollständig auf die Grenzfläche zwischen dem Substrat und der Grundschrift gerichtet. Gemäß einem weiteren Aspekt des Herstellungsverfahrens gemäß der Erfindung wird im Schritt des Richtens des Lichtstrahls auf die Grenz-

fläche die Grenzfläche zwischen dem Substrat und der Grundschrift mittels eines Flecks oder einer Linie des Lichtstrahls abgetastet.

Gemäß einem weiteren Aspekt des Herstellungsverfahrens gemäß der Erfindung umfaßt das Verfahren ferner einen Schritt des Ausbildens eines Wellenleiters, der sich längs einer Richtung senkrecht zur Spaltungsebene des Nitrid-Halbleiters erstreckt.

Gemäß einem weiteren Aspekt des Herstellungsverfahrens gemäß der Erfindung werden die Kristallschichten des Nitrid-Halbleiters ausgebildet mittels metallisch-organischer Gasphasenabscheidung.

Gemäß einem weiteren Aspekt des Herstellungsverfahrens gemäß der Erfindung ist im Schritt des Richtens des Lichtstrahls auf die Grenzfläche der Lichtstrahl ein ultravioletter Strahl, der von einem frequenzvervielfachten YAG-Laser erzeugt wird.

Ferner umfaßt eine Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung mit schrittweise gezüchteten Kristallschichten, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter  $(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) hergestellt sind:

eine Grundschrift, die aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter  $(Al_{x'}Ga_{1-x'})_{1-y'}In_{y'}N$  ( $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ ) hergestellt ist;

mehrere Kristallschichten, die jeweils aus einem auf der Grundschrift ausgebildeten Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter hergestellt sind; und

ein spaltbares Substrat, das auf eine Oberfläche der Kristallschichten gegenüberliegend der Grundschrift geklebt ist.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung gemäß der Erfindung umfaßt die Vorrichtung ferner eine Wärmesenke, die auf die Grundschrift geklebt ist.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung gemäß der Erfindung umfaßt die Erfindung ferner eine Wärmesenke, die auf das spaltbare Substrat geklebt ist.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung gemäß der Erfindung besitzt das spaltbare Substrat eine Spaltungsebene, die mit einer Spaltungsebene der Kristallschichten des Nitrid-Halbleiters zusammenfällt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung gemäß der Erfindung umfaßt die Vorrichtung ferner einen Wellenleiter, der sich längs einer Richtung senkrecht zur Spaltungsebene des Nitrid-Halbleiters erstreckt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung gemäß der Erfindung ist das spaltbare Substrat aus einem Halbleiter-Einkristall wie z. B. GaAs hergestellt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung gemäß der Erfindung ist das spaltbare Substrat aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, qualitativ hochwertige Spiegelflächen zu erhalten durch Lockern der Kristallverklebung zwischen dem Saphirsubstrat und der Grundschrift des GaN-Kristalls und Trennen des Substrats und der Grundschrift, und somit die Laservorrichtung mit hoher Reproduzierbarkeit herzustellen.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine schematische perspektivische Ansicht, die die gebrochene Ebene einer GaN-Kristallschicht zeigt, die auf einem Saphirsubstrat ausgebildet ist;

Fig. 2 ist eine schematische perspektivische Ansicht, die die Gitterebene der GaN-Kristallschicht zeigt, die auf einem

Saphirsubstrat ausgebildet ist;

**Fig. 3** ist eine schematische Schnittansicht einer Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung einer Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 4** ist eine schematische vergrößerte Schnittansicht einer Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung einer Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung von der Spiegelfläche für die optische Resonanz her betrachtet;

**Fig. 5** und **6** sind schematische Schnittansichten, die jeweils einen Abschnitt eines Wafers für die Halbleiterlaservorrichtung im jeweiligen Herstellungsschritt einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen;

**Fig. 7 bis 9** sind schematische perspektivische Ansichten, die jeweils einen Abschnitt eines Wafers für die Halbleiterlaservorrichtung im jeweiligen Herstellungsschritt einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen;

**Fig. 10** ist eine vergrößerte schematische Schnittansicht, die einen Wafer im Halbleiterlaservorrichtungsschritt einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**Fig. 11 bis 16** sind schematische perspektivische Ansichten, die jeweils einen Wafer im Halbleiterlaservorrichtungsschritt einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen;

**Fig. 17** ist eine schematische Schnittansicht einer Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung einer weiteren Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 18** ist eine vergrößerte schematische Schnittansicht einer Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung einer weiteren Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung von der Spiegelfläche für die optische Resonanz her betrachtet;

**Fig. 19** ist eine schematische Schnittansicht, die einen Abschnitt eines GaAs-Substrats für die Halbleiterlaservorrichtung im jeweiligen Herstellungsschritt einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**Fig. 20 bis 23** sind schematische perspektivische Ansichten, die jeweils einen Wafer im Halbleiterlaservorrichtungsschritt einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen; und

**Fig. 24 und 25** sind vergrößerte schematische Schnittansichten, die jeweils einen Wafer im Halbleiterlaservorrichtungsschritt einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen.

#### GENAUE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Im folgenden werden mit Bezug auf die beigelegten Zeichnungen Ausführungsformen der Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaservorrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben.

**Fig. 3** zeigt allgemein eine Ausführungsform der Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung eines brechungsindexgeführten Typs gemäß der Erfindung. Diese Vorrichtung ist aufgebaut mit einem Laserkörper **100**, einem Trägersubstrat **200**, auf das der Laserkörper **100** geklebt ist, sowie einem Chipträger **10**, der auf den Laserkörper **100** geklebt ist und als Wärmesenke dient. Der Chipträger **10** ist aus einem elektrisch leitenden Material gefertigt. Der Laserkörper **100** umfaßt eine Grundsicht **103**, die aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter ( $\text{Al}_{x'}\text{Ga}_{1-x'}\text{In}_{y'}\text{N}$ ) ( $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ ) hergestellt ist, Kristallschichten **104 bis 110**, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_y\text{N}$ ) ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) hergestellt sind, welche schrittweise der Reihe nach auf der Grundsicht gezüchtet werden, sowie eine Elektroden-schicht **113**. Die Kristallschichten enthalten eine aktive Schicht. Das Trägersubstrat **200** ist ein spaltbares oder teilbares Substrat, das aus einem elek-

trisch leitenden Material oder vorzugsweise einem Halbleiter-Einzelkristall wie z. B. GaAs, InP, Si oder dergleichen hergestellt ist. Das Trägersubstrat **200** ist auf eine Oberfläche der Kristallschichten gegenüberliegend der Grundsicht **101** über die Elektroden-schicht **113** geklebt. Eine Spaltungsebene des Trägersubstrats **200** fällt mit einer Spaltungsebene der Kristallschichten des Nitrid-Halbleiters zusammen. Das heißt, das Trägersubstrat **200** ist so auf die Oberfläche der Kristallschichten geklebt, daß die Spaltungsebene des zweiten Substrats im wesentlichen mit einer Spaltungsebene der Kristallschichten des Nitrid-Halbleiters zusammenfällt. Die Oberfläche der Grundsicht **103** des Laserkörpers **100** ist auf den Chipträger **10** geklebt, über welchen die Vorrichtung elektrisch mit einer externen Elektrode verbunden ist. Der Laserkörper **100** besitzt einen Rippenwellenleiter, der sich längs einer Richtung senkrecht zur Spaltungsebene der Nitrid-Halbleiterschichten **103 bis 110** erstreckt (welche die Richtung senkrecht zur Zeichnungsebene ist).

Wie in **Fig. 4** gezeigt, wird der Laserkörper **100** der Halbleiterlaservorrichtung gebildet von der Grundsicht **103**, d. h. der n-Typ-GaN-Schicht **103**, einer n-Typ- $\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{N}$ -Schicht **104**, einer n-Typ-GaN-Schicht **105**, einer aktiven Schicht **106**, die hauptsächlich InGaN enthält, einer p-Typ- $\text{Al}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{N}$ -Schicht **107**, einer p-Typ-GaN-Schicht **108**, einer p-Typ- $\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{N}$ -Schicht **109** und einer p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110**, die in dieser Reihenfolge auf der Grundsicht **103** schichtweise angeordnet sind. Ein Rippenstreifenabschnitt **118** ist in der p-Typ- $\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{N}$ -Schicht **109** und der p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** ausgebildet, so daß er sich längs einer Richtung senkrecht zur Spaltungsebene der Nitrid-Halbleiterschichten erstreckt. Die Oberseite des Laserkörpers **100** ist mit einem Isolierfilm **111** bedeckt und durch diesen geschützt, der aus  $\text{SiO}_2$  gefertigt ist, mit Ausnahme eines Kontaktfensters für die p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** des Rippenstreifenabschnitts **118**. Der Isolierfilm **111** ist mit der p-Seiten-Elektroden-schicht **113** bedeckt. Die n-Typ-GaN-Grundsicht **103** ist mit dem Chipträger **10** verbunden. Die p-Seiten-Elektrode **113**, die über einen Schlitz des Isolierfilms **111** mit der p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** verbunden ist, ist über einen Metallfilm mit dem Trägersubstrat **200** verbunden.

Die Halbleiterlaservorrichtung sendet Licht aus durch Rekombinieren von Elektronen mit Löchern in der aktiven Schicht **106**. Die n-Typ-GaN-Schicht **105** und die p-Typ-GaN-Schicht **108** dienen als Führungsschichten. Das in der aktiven Schicht **106** erzeugte Licht wird in den Führungsschichten **105** und **108** geführt. Die Elektronen und die Löcher werden effektiv in der aktiven Schicht **106** eingeschlossen durch Setzen der Bandlücken der Führungsschichten **105** und **108** auf Werte, die größer sind als diejenigen der aktiven Schicht **106**. Die p-Typ- $\text{Al}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{N}$ -Schicht **107** dient als eine Barrierschicht für das weitere Verbessern des Einschlusses der Träger (insbesondere der Elektronen), während die einer n-Typ- $\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{N}$ -Schicht **104** und die einer p-Typ- $\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{N}$ -Schicht **109** als Plattierungsschichten dienen, die jeweils so ausgebildet sind, daß sie Brechungsindizes aufweisen, die geringer sind als diejenigen der Führungsschichten **105** und **108**. Die Wellenführung in Lateralrichtung wird bewerkstelligt durch die Differenz zwischen den Brechungsindizes der Plattierungsschicht und der Führungsschicht. Der Rippenstreifenabschnitt **118** wird ausgebildet, um einen Lateralrichtungsschritt im effektiven Brechungsindex zu erzeugen durch Ändern der Dicke der Plattierungsschicht **109**, wodurch das erzeugte Licht in Lateralrichtung eingeschlossen wird.

Die in den **Fig. 3** und **4** gezeigte Vorrichtungsstruktur wird in den folgenden Herstellungsschritten hergestellt, in

denen eine geschichtete Struktur für eine Laservorrichtung ausgebildet wird mittels metallisch-organischer Gasphasenabscheidung (MOCVD) auf einem A-Fläche-Saphirsubstrat, dessen beide Seiten ein Spiegel-Finish aufweisen.

#### HERSTELLUNG EINES LASER-WAFERS

Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht eines Soll-Laser-Wafers, der mit den folgenden Schritten hergestellt worden ist, in welchen Kristallschichten für eine GaN-Halbleiterlasersstruktur auf einem Saphirsubstrat gezüchtet werden.

Zuerst wird ein Saphirsubstrat **101** in einen MOCVD-Reaktor eingesetzt und für 10 Minuten in einer Wasserstoffgasströmung bei einem Druck von 300 Torr und einer Temperatur 1050°C gehalten, um die Oberfläche des Saphirsubstrats **101** thermisch zu reinigen. Anschließend wird die Temperatur des Saphirsubstrats **101** auf 600°C gesenkt, wobei Ammoniak (NH<sub>3</sub>), welches ein Stickstoffvorläufer ist, und TMA (Trimethylaluminium), welches ein Al-Vorläufer ist, in den Reaktor geleitet werden, um eine Pufferschicht **102** bis zu einer Dicke von 20 nm abzuscheiden, die aus AlN besteht. Die GaN-Schicht **102** (oder AlN-Schicht), die bei einer niedrigen Temperatur ausgebildet wird, wirkt wie eine Pufferschicht, um ein Züchten einer GaN-Schicht auf dem Saphirsubstrat sicherzustellen, welches ein unähnliches Material bezüglich GaN ist.

Anschließend wird die Zufuhr von TMA gestoppt, wobei die Temperatur des Saphirsubstrats **101**, auf welchem die Pufferschicht **102** ausgebildet worden ist, erneut auf 1050°C erhöht wird, während nur NH<sub>3</sub> zugeführt wird, wobei Trimethyl-Gallium eingeleitet wird, um eine N-Typ-GaN-Grundschicht **103** auf der Pufferschicht **102** auszubilden. In diesem Fall wird Me-SiH<sub>3</sub> (Methylsilan) zu einem Zuchtatmosphärenegas hinzugefügt als Vorläufer von Si, welches als eine N-Typ-Dotierung dient.

Wenn die N-Typ-GaN-Grundschicht **103** bis zu ungefähr 4 µm gezüchtet wird, wird TMA eingeleitet, um eine N-Typ-AlGaIn-Plattierungsschicht **104** auszubilden. Wenn die n-Typ-Al<sub>0,1</sub>Ga<sub>0,9</sub>N-Schicht **104** bis zu ungefähr 0,5 µm gezüchtet worden ist, wird die Zufuhr von TMA gestoppt, um die n-Typ-GaN-Führungsschicht **105** bis zu 0,1 µm zu züchten. Wenn das Züchten der n-Typ-GaN-Schicht **105** abgeschlossen ist, wird die Zufuhr von TMG und Me-SiH<sub>3</sub> gestoppt, woraufhin die Temperaturabsenkung eingeleitet wird, um die Substrattemperatur auf 750°C einzustellen.

Wenn die Substrattemperatur 750°C erreicht, wird das Trägergas von Wasserstoff auf Stickstoff umgeschaltet. Wenn der Gasströmungszustand stabilisiert ist, werden TMG, TMI und Me-SiH<sub>3</sub> eingeleitet, um eine Barrierschicht in der aktiven Schicht **106** zu züchten. Anschließend wird die Zufuhr von Me-SiH<sub>3</sub> gestoppt, woraufhin die Strömungsrate des TMI erhöht wird, so daß eine Wannenschicht mit einem In-Zusammensetzungsverhältnis größer als dasjenige der Barrierschicht auf der Barrierschicht gezüchtet wird. Das Züchten der Barrierschicht und der Wannenschicht wird paarweise wiederholt entsprechend der Anzahl der Wannen in der beabsichtigten Mehrfachquantum-Wannenstruktur. Auf diese Weise wird die aktive Schicht **106** der Mehrfachquantum-Wannenstruktur ausgebildet.

Wenn das Züchten der aktiven Schicht beendet ist, wird die Zufuhr von TMG, TMI und Me-SiH<sub>3</sub> gestoppt, woraufhin das Trägergas von Stickstoff auf Wasserstoff umgeschaltet wird. Wenn die Gasströmung stabilisiert ist, wird die Substrattemperatur erneut auf 1050°C angehoben, wobei TMG, TMA und Et-CP<sub>2</sub>Mg (Ethyl-Zyklopentadienyl-Magnesium) als Vorläufer von Mg, das als eine P-Typ-Dotierung dient, eingeleitet wird, um die p-Typ-AlGaIn-Schicht **107** auf der aktiven Schicht **106** bis zu 0,01 µm auszubilden.

Anschließend wird die Zufuhr von TMA gestoppt, um die p-Typ-GaN-Führungsschicht **108** bis zu 0,1 µm zu züchten, wobei TMA erneut eingeleitet wird, um die die p-Typ-AlGaIn-Plattierungsschicht **109** bis zu 0,5 µm zu züchten. Außerdem wird die die p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** auf der Schicht **109** bis zu 0,1 µm gezüchtet. Anschließend wird die Zufuhr von TMG und Et-CP<sub>2</sub>Mg gestoppt und die Temperaturabsenkung gestartet. Wenn die Substrattemperatur 400°C erreicht, wird die Zufuhr von NH<sub>3</sub> ebenfalls gestoppt. Wenn die Substrattemperatur die Raumtemperatur erreicht, wird das Saphirsubstrat **101** aus dem Reaktor entnommen.

Der erhaltene Wafer wird anschließend in einen Wärmebehandlungssofen eingesetzt, um eine Wärmebehandlung für die P-Typ-Umsetzung durchzuführen.

Auf diese Weise wird der in Fig. 5 gezeigte Laser-Wafer hergestellt.

#### AUSBILDUNG DES RIPPENWELLENLEITERS

Ein Rippenwellenleiter wird ausgebildet als indexgeführter Typ von Struktur auf dem hergestellten Laser-Wafer mittels der folgenden Schritte:

Wie in Fig. 6 gezeigt, wird eine Maske **115** mit mehreren Schlitzen parallel zueinander auf der Oberfläche der die p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** ausgebildet, wobei der freiliegende Bereich der Nitrid-Halbleiterschicht teilweise geätzt wird mittels Reaktivionenätzen (RIE).

Wie in Fig. 7 gezeigt, wird in diesem Fall das Ätzen bis zu einer Tiefe durchgeführt, in der die P-Typ-AlGaIn-Plattierungsschicht **109** geringfügig zurückbleibt, um einen ausgesparten Abschnitt **201** zu bilden. Anschließend wird die Maske **115** entfernt, um schmale Rippenstrukturen **118** von 5 µm Breite zu bilden, die parallel zueinander verlaufen. Fig. 7 zeigt die schmale Rippenstruktur **118**.

Ein SiO<sub>2</sub>-Schutzfilm **111** wird auf dem Wafer abgeschieden mittels Sputtern, wie in Fig. 8 gezeigt ist.

Anschließend werden mehrere 3 µm breite Fensterabschnitte **113a** für n-Typ-Elektroden an den Oberseiten der Kantenstrukturen **118** im SiO<sub>2</sub>-Schutzfilm **111** mittels einer Standard-Photolithographietechnik ausgebildet.

Nickel (Ni) mit einer Dicke von 50 nm und anschließend Gold (Au) mit einer Dicke von 200 nm werden auf den SiO<sub>2</sub>-Schutzfilm **111** und den Abschnitt, in dem die p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** freigelegt ist, aufgedampft, um die p-Seite-Elektrode **113** auszubilden. Somit werden die in Fig. 10 gezeigten Vorrichtungsstrukturen auf dem Vorrichtungswafer ausgebildet.

#### KLEBEN EINES SPALTBAREN SUBSTRATS AUF DEN WAFER

Wie in Fig. 11 gezeigt, wird anschließend ein GaAs-Einkristallsubstrat **200** auf die p-Seite-Elektrode **113** auf der Rippenwellenleiterseite des Wafers geklebt, so daß es mit der Laserstruktur elektrisch verbunden ist. Bei diesem Klebeschritt wird das GaAs-Substrat **200** so auf die GaN-Laserstruktur ausgerichtet, daß die kristallographische Orientierung des GaAs-Kristallsubstrats parallel zu derjenigen der GaN-Kristallschichten gesetzt ist, so daß die Spaltung des GaAs-Kristalls mit der GaN-Spaltungsebene im nächsten Spaltungsschritt zusammenfällt, in welchem die gewünschte Laserresonatorebene gebildet wird durch Spalten des GaN-Kristalls. Das GaAs-Einkristallsubstrat der p-Typ-Leitfähigkeit wird in diesem Fall verwendet. Ein Ti-Au-Dünnschicht und ein Au-Sn-Dünnschicht werden vorher in dieser Reihenfolge ausgebildet durch Aufdampfen auf die Oberfläche des GaAs-Einkristallsubstrats, so daß sie die p-Seite-Elektrode **113** der GaN-Kristallschicht kontaktieren. Die GaAs-

Oberfläche mit den Metallfilmen und die Elektrode **113** werden in Kontakt gebracht, und anschließend unter Druck gesetzt, um die Verklebung der beiden Substrate zu erreichen.

#### BESTRAHLUNG DES WAFERS VON DER SAPHIR-SEITE MIT LICHT

Wie in **Fig. 12** gezeigt, wird anschließend der verklebte Wafer von der Rückseite her durch das Saphirsubstrat **101** in Richtung zur Grundschrift **103** mit einer fokussierten Ultraviolettstrahlung bestrahlt, die mit einem kurzwelligen Hochleistungslaser erzeugt wird, wie z. B. mit einem frequenzvervierten YAG-Laser (mit 266 nm Wellenlänge), einem KrF-Excimer-Laser (mit 248 nm Wellenlänge) oder dergleichen. Der UV-Lichtstrahl kann gleichmäßig auf die gesamte Grenzfläche zwischen dem Saphirsubstrat **101** und der Grundschrift **103** aufgebracht werden.

Während das Saphirsubstrat bei 248 nm, welches die Wellenlänge des für die obige UV-Bestrahlung verwendeten Laserstrahls ist, nahezu transparent ist, absorbiert das GaN der Grundschrift den Bestrahlungsstrahl mit einer kleinen Durchdringungstiefe, da es eine Absorptionsflanke bei 365 nm besitzt. Da außerdem eine große Gitterfehlpassung (15%) zwischen dem Saphirsubstrat und der GaN-Schicht vorhanden ist, sind extreme Dichtedefekte im GaN-Kristall nahe der Grenzfläche vorhanden, wodurch das absorbierte Licht größtenteils in Wärme umgesetzt wird. Die Temperatur eines Bereiches des GaN nahe dem Saphirsubstrat steigt schnell an, wodurch das GaN zu Gallium und Stickstoff zerlegt wird. Somit wird ein Bereich zerlegter Materie **150** des Nitrid-Halbleiters im Grenzflächenbereich der Grundschrift **103** erzeugt.

Der Bereich zerlegter Materie **150** ist vorgesehen zum Zweck der Förderung der Kristalltrennung des Saphirsubstrats **101** von der Grundschrift **103** des GaN und des AlN. Das Saphirsubstrat wird nur für die Herstellung der Vorrichtung verwendet. Die Wellenlänge des aufgetragenen Laserstrahls wird aus den Wellenlängen gewählt, die von der GaN-Kristallschicht absorbiert werden und das Saphirsubstrat durchdringen. Somit werden für den bestrahlten Grenzflächenbereich in der GaN-Grundschrift **103** die direkten Kristallbindungen zwischen dem Saphir **101** und dem GaN **103** getrennt. Somit kann die GaN-Grundschrift **103** leicht vom Saphirsubstrat **101** längs des Bereiches zersetzter Materie **150** getrennt werden.

#### TRENNUNG DER SAPHIR- UND LASER-WAFER

Anschließend wird das Saphirsubstrat **101** leicht erwärmt, um die Grundschrift **103** mit den darauf befindlichen anderen Kristallschichten vom Saphirsubstrat **101** zu trennen.

Durch diesen Erwärmungsschritt, wie in **Fig. 13** gezeigt, wird das Saphirsubstrat **101** von der Laminierung entfernt, d. h. von dem Laser-Wafer des verklebten Laserkörpers **101** und des Trägersubstrats **200**, da die atomischen Bindungen zwischen Gallium und Stickstoff innerhalb des Bereiches der zersetzten Materie **150** verloren gehen.

Nach dem Entfernen des Saphirsubstrats **101** wird die freigelegte Oberfläche der Grundschrift **103** gereinigt durch Eintauchen des Laser-Wafers in eine verdünnte Salzsäurelösung oder dergleichen, um hiervon das restliche metallische Ga zu entfernen.

Ti mit einer Dicke von 50 nm und Au mit einer Dicke von 200 nm werden anschließend auf die freigelegte Oberfläche des Laser-Wafers aufgedampft, um eine n-Seite-Elektrode **102** zu bilden.

Das GaAs-Trägersubstrat **200** kann durch Lappen dünner gemacht werden, um das Spalten des Laser-Wafers zu er-

leichtern. Die Ti/Au-Elektrode wird auf die Oberfläche des GaAs des Laser-Wafers aufgedampft.

#### SPALTUNG DER GRUNDSCHICHT

Wie in **Fig. 14** gezeigt, wird im Fall des Laser-Wafers des verklebten Laserkörpers **100** und des Trägersubstrats **200** das Trägersubstrat **200** zusammen mit der Grundschrift **103** längs der Linien senkrecht zur Rippenwellenleiterausdehnungsrichtung in einem Intervall **P** gespalten, das der Länge der endgültigen Vorrichtung entspricht.

Bei diesem Spaltungsschritt kann das Vorzeichnen (sogenannte Kerbungsoperation) auf der Oberfläche des Trägersubstrats **200** unter Verwendung einer Diamantspitze ausgeführt werden. Als Ergebnis werden mehrere Laserstangen **300** erhalten.

#### REFLEXIONSBSCHICHTUNG AUF DER LASER-STANGENSEITE-OBER-FLÄCHE

Wie in **Fig. 15** gezeigt, werden dielektrische Mehrschichtreflexionsbeschichtungen **302** auf beiden Bruchebenen (Spaltungsebenen) **301** jeder Laserstange **300** mittels eines Sputter-Systems oder dergleichen ausgebildet.

#### AUSBILDUNG VON LASER-CHIPS AUS DER LASER-STANGE

Wie in **Fig. 16** gezeigt, werden einzelne Laserchips erhalten durch weiteres Teilen der Laserstange mittels einer zweiten Spaltung längs der Richtung parallel zur Rippenwellenleiterausdehnungsrichtung.

#### ZUSAMMENFÜGEN DES LASERCHIPS

Jeder Laserchip des verklebten Laserkörpers **100** und des Trägersubstrats **200** wird über eine Ti-Au-Dünnschicht auf einen Chipträger **10** geklebt, der als Wärmesenke dient, so daß die Grundschrift **103** des Laserkörpers **100** elektrisch mit dem Chipträger verbunden ist.

Wie oben beschrieben ist, wird die Laserstruktur offenbart, die auf der A-Fläche eines Saphirsubstrats ausgebildet ist. Außerdem kann die Laserstruktur des Rippenwellenleitertyps auf einer C-Fläche des Saphirsubstrats ausgebildet sein.

#### ZWEITE AUSFÜHRUNGSFORM

Die zweite Ausführungsform, die hergestellt werden soll, ist eine Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung eines gewinngeführten Typs.

Die **Fig. 17** und **18** zeigen den gewinngeführten Typ einer Gruppe-III-Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung der zweiten Ausführungsform. Die Elemente der Vorrichtung in diesen Figuren sind dieselben wie diejenigen der in den **Fig. 3** und **4** gezeigten ersten Ausführungsform.

Diese Vorrichtung der zweiten Ausführungsform ist aufgebaut mit einem Laserkörper **100**, einem Trägersubstrat **200**, das auf den Laserkörper **100** geklebt ist, sowie einem elektrisch leitenden Chipträger **10**, der als eine auf das Trägersubstrat **200** geklebte Wärmesenke dient. Der Laserkörper **100** umfaßt Kristallschichten **104** bis **110**, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter  $(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) gefertigt sind, die schrittweise der Reihe nach auf der Grundschrift **103** gezüchtet werden. Eine Elektrodenschicht **113a** wird auf der n-Typ-GaN-Grundschrift **103** ausgebildet, über welche die Vorrichtung mit einer externen Elektrode elektrisch verbunden ist. Die p-



Typ-GaN-Kontaktschicht **110** der Vorrichtung ist über ein Streifenfenster **213a** elektrisch mit dem Trägersubstrat **200** und dem Chipträger **10** verbunden. Eine Fensterschicht **213**, die aus GaAs-Oxid gefertigt ist, ist zwischen dem Laserkörper **100** und dem Trägersubstrat **200** ausgebildet. Der GaAs-Oxidfensterfilm **213** ist mit dem Streifenfenster **213a** des GaAs versehen, das sich längs einer Richtung senkrecht zur Spaltungsebene der Nitrid-Halbleiterschichten erstreckt. Der GaAs-Streifen **213a** dient als elektrischer Stromdurchlaß zwischen dem Laserkörper **100** und dem Trägersubstrat **200**. Vorzugsweise ist ein Verbindungsmetallfilm zwischen dem GaAs-Oxidfensterfilm **213** und der p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** vorgesehen, um den Körper **100** und das Trägersubstrat **200** zu verkleben.

Wie in Fig. 18 gezeigt, enthält der Körper **100** der Laservorrichtung mehrere Kristallschichten ausgehend von der n-Typ-GaN-Grundschrift **103** und der p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110**, die in derselben Reihenfolge wie in Fig. 4 gezeigt geschichtet sind. In dieser Laservorrichtung liefert nur der GaAs-Streifen **213a** den elektrischen Strom zur aktiven Halbleiterschicht anstelle des in der Plattierungsschicht ausgebildeten Rippenwellenleiters, so daß die Vorrichtung ein gewinngeführter Typ ist. Der GaAs-Oxidfilm bewirkt eine Isolation zwischen dem Laserkörper **100** und dem Trägersubstrat **200** mit Ausnahme des GaAs-Streifens **213a**.

Die in den Fig. 17 und 18 gezeigte Vorrichtungsstruktur wird in ähnlicher Weise wie die erste Ausführungsform hergestellt, in der die geschichtete Struktur für die Vorrichtung ausgebildet wird mittels metallisch-organischer Gasphasenabscheidung (MOCVD) auf einem A-Fläche-Saphirsubstrat.

Zuerst wird der Laser-Wafer mit der in Fig. 5 gezeigten GaN-Halbleiterlaservorrichtung auf Basis des Saphirsubstrats hergestellt.

Ein GaAs-Oxidfensterfilm **213** mit mehreren GaAs-Streifen **213a** wird auf einem GaAs-Einzelkristallsubstrat **200** ausgebildet, d. h. auf dem Trägersubstrat, wie in Fig. 19 gezeigt ist. Das Intervall der GaAs-Streifen **213a** beträgt ungefähr 200 µm, wobei die Breite jedes Streifens ungefähr z. B. 2 bis 5 µm beträgt. Diese Filme und Streifen können in den folgenden Schritten 1) bis 6) ausgebildet werden:

- 1) Beschichten der Oberfläche des GaAs-Einzelkristallsubstrats **200** mit einem Photoresist;
- 2) Bestrahlen mit passendem Licht durch eine Maske mit Streifenfenstern auf der Photoresistschicht;
- 3) Entwickeln der Photoresistschicht auf dem Substrat;
- 4) Absetzen des restlichen Photoresists auf dem Substrat, um gegebene gestreifte Photoresistmasken auszubilden;
- 5) Oxidieren der freigelegten Oberfläche des GaAs-Substrats neben den Streifenphotoresistmasken, um einen GaAs-Oxidfensterfilm **213** mit mehreren GaAs-Streifen **213a** auszubilden. Es werden mehrere GaAs-Streifen **213a** unterhalb der Streifenphotoresistmasken definiert; und
- 6) Entfernen der Streifenphotoresistmasken vom Substrat.

Auf diese Weise wird der GaAs-Oxidfensterfilm **213** mit mehreren GaAs-Streifen **213a** auf dem GaAs-Trägersubstrat ausgebildet.

Wie in Fig. 20 gezeigt, wird anschließend das GaAs-Trägersubstrat des GaAs-Einzelkristalls **200** auf die p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** des Wafers über den GaAs-Oxidfensterfilm **213** geklebt, wobei mehrere GaAs-Streifen **213a** elektrisch mit der Laserstruktur verbunden sind. Bei diesem

Verklebungsschritt wird das GaAs-Substrat **200** auf die GaN-Laserstruktur so ausgerichtet, daß die kristallographische Orientierung des GaAs-Kristallsubstrats parallel zu derjenigen der GaN-Kristallschichten ist oder mit diesen zusammenfällt, so daß die GaAs-Spaltungsoberfläche oder Bruchebene mit derjenigen des GaN im nächsten Spaltungsschritt übereinstimmt, wobei ein gegebener Laserresonator aus der GaN-Spaltungsoberfläche der Kristallschicht gebildet wird.

Ein Dünnmetallfilm wie z. B. In, Ni oder dergleichen, kann im voraus ausgebildet werden durch Aufdampfen auf wenigstens eine der Kontaktflächen des GaAs-Oxidfilms **213** auf dem Substrat **200** und der p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** des Wafers, so daß beide Substrate einander über den Dünnmetallfilm, der zwischen der p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** und dem GaAs-Oxidfensterfilm **213** angeordnet ist, berühren. In diesem Fall, wie in Fig. 24 gezeigt, sind vorzugsweise Verbindungsdünnmetallfilme **222a** und **222b** auf dem GaAs-Einzelkristallsubstrat **200** und der p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110** jeweils vorgesehen, in welchen Schlitze **223** mit ungefähr 10 µm Breite längs der Kanten des GaAs-Streifens **213a** im GaAs-Oxidfilm **213** ausgebildet sind. Das heißt, wie in Fig. 25 gezeigt, die Schlitze **223** definieren einen verengten Strompfad CP des Metalls vom GaAs-Substrat **200** über den GaAs-Streifen **213** zur p-Typ-GaN-Kontaktschicht **110**, wenn die Verbindungsdünnmetallfilme **222a** und **222b** im nächsten Schritt durchgebrannt werden.

Jedenfalls wird die Klebeoberfläche des Trägersubstrats mit der Oberfläche der Plattierungsschicht gegenüberliegend der Grundschrift **103** bezüglich der aktiven Schicht des Laser-Wafers in Kontakt gebracht, während sie unter Druck gesetzt und erwärmt wird, woraufhin eine feste Verklebung der beiden Substrate erreicht wird.

Wie in Fig. 21 gezeigt, wird anschließend eine ultraviolette Strahlung durch das Saphirsubstrat **101** auf die Grundschrift **103** gerichtet unter Verwendung einer kurzwelligen Hochleistungslaservorrichtung. Das heißt, die UV-Bestrahlung wird von der Rückseite des Saphirsubstrats her durchgeführt, wobei zum Bündeln eine Sammellinse verwendet wird. Da GaN UV-Licht absorbiert, steigt die Temperatur des Bereiches des GaN nahe dem Saphirsubstrat plötzlich an, wodurch das GaN zu Gallium und Stickstoff zerlegt wird, so daß der Bereich zerlegter Materie **150** des Nitrid-Halbleiters längs der Lichtspur erzeugt wird.

Anschließend wird das Saphirsubstrat **101**, das die GaN-Schichten trägt, leicht erwärmt, woraufhin, wie in Fig. 22 gezeigt, das Saphirsubstrat **101** von der Laminierung abgenommen wird, d. h. der Laser-Wafer des verklebten Laserkörpers **100** und das Trägersubstrat **200** an der Grenzfläche des Bereiches der zerlegten Materie **150** der Grundschrift **103**.

Anschließend wird eine n-Seite-Elektroden-schicht **103a** auf der freigelegten Oberfläche der GaN-Grundschrift **103** des Laserkörpers **100** ausgebildet.

Anschließend werden der Spaltungsschritt, der Reflexionsschichtausbildungsschritt und der Zusammenfüggungsschritt der Reihe nach durchgeführt, woraufhin die Halbleiterlaservorrichtung wie in den Fig. 17 und 18 gezeigt erhalten wird.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, die natürliche Spaltungsebene des Nitrid-Halbleiters zum Herstellen des Resonators der Vorrichtung zu nutzen durch Entfernen des Substrats für die Kristallzucht. Eine atomisch flache Spiegelfläche wird leicht erhalten, wodurch der optische Streuverlust reduziert wird. Als Ergebnis wird eine kontinuierliche Oszillation des Lasers erreicht, wobei gleichzeitig eine lange Lebensdauer der Laservorrichtung in der Praxis

erhalten wird.

# Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung, die Kristallschichten aufweist, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) hergestellt sind, die der Reihe nach auf einer Grundschrift  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y'}\text{In}_{y'}\text{N}$  ( $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ ) geschichtet sind, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt:  
 Ausbilden mehrerer Kristallschichten, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter gefertigt sind, auf einer auf einem Substrat ausgebildeten Grundschrift, wobei die Kristallschichten eine aktive Schicht enthalten;  
 Einstrahlung eines Lichtstrahls von der Substratseite in Richtung zur Grenzfläche zwischen dem Substrat und der Grundschrift, wodurch ein Bereich zersetzter Materie des Nitrid-Halbleiters ausgebildet wird;  
 Trennen der Grundschrift mit den darauf befindlichen Kristallschichten vom Substrat längs des Bereiches zersetzter Materie; und  
 Spalten der Grundschrift, wodurch eine Spaltungsebene der Kristallschichten ausgebildet wird.
2. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Substrat aus Saphir hergestellt ist.
3. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Wellenlänge des Lichtstrahls aus den Wellenlängen gewählt wird, die das Substrat durchdringen und von der Grundschrift in der Umgebung der Grenzfläche absorbiert werden.
4. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, das ferner zwischen dem Schritt des Ausbildens der Kristallschichten und dem Schritt des Einstrahlens des Lichtstrahls in Richtung zur Grenzfläche einen Schritt umfaßt zum Kleben eines spaltbaren zweiten Substrats auf eine Oberfläche der Kristallschichten, derart, daß eine Spaltungsebene des zweiten Substrats im wesentlichen mit einer Spaltungsebene der Kristallschichten des Nitrid-Halbleiters zusammenfällt.
5. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das spaltbare zweite Substrat aus einem Halbleiter-Einzelkristallmaterial hergestellt ist.
6. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 5, wobei das Halbleiter-Einzelkristallmaterial aus einer Gruppe gewählt ist, die GaAs, InP und Si umfaßt.
7. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei im Schritt des Einstrahlens des Lichtstrahls in Richtung zur Grenzfläche der Lichtstrahl gleichmäßig oder vollständig auf die Grenzfläche zwischen dem Substrat und der Grundschrift eingestrahlt wird.
8. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei im Schritt des Einstrahlens des Lichtstrahls in Richtung zur Grenzfläche die Grenzfläche zwischen dem Substrat und der Grundschrift mit einem Fleck oder einer Linie des Lichtstrahls abgetastet wird.
9. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, ferner gekennzeichnet durch einen Schritt des Ausbildens

eines Wellenleiters, der sich entlang einer Richtung senkrecht zur Spaltungsebene des Nitrid-Halbleiters erstreckt.

10. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Kristallschichten des Nitrid-Halbleiters ausgebildet werden mittels metallorganischer Gasphasenabscheidung.

11. Verfahren zur Herstellung einer Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei im Schritt des Einstrahlens des Lichtstrahls in Richtung zur Grenzfläche der Lichtstrahl ein ultravioletter Strahl ist, der von einem frequenzvervielfachten YAG-Laser erzeugt wird.

12. Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung mit schrittweise gezüchteten Kristallschichten, die jeweils aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) hergestellt sind, mit:

einer Grundschrift, die aus einem Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y'}\text{In}_{y'}\text{N}$  ( $0 \leq x' \leq 1, 0 \leq y' \leq 1$ ) hergestellt ist;

mehreren Kristallschichten, die jeweils aus einem auf der Grundschrift ausgebildeten Gruppe-III-Nitrid-Halbleiter hergestellt sind; und

einem spaltbaren Substrat, das auf eine Oberfläche der Kristallschichten, die der Grundschrift gegenüberliegt, angebracht ist.

13. Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Vorrichtung ferner eine Wärmesenke umfaßt, die auf der Grundschrift angebracht ist.

14. Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Vorrichtung ferner eine auf das spaltbare Substrat angebrachte Wärmesenke umfaßt.

15. Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 12, 13 oder 14, wobei das spaltbare Substrat eine Spaltungsebene aufweist, die mit einer Spaltungsebene der Kristallschichten des Nitrid-Halbleiters zusammenfällt.

16. Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei die Vorrichtung ferner einen Wellenleiter umfaßt, der sich längs einer Richtung senkrecht zur Spaltungsebene des Nitrid-Halbleiters erstreckt.

17. Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei das spaltbare Substrat aus einem Halbleiter-Einzelkristallmaterial hergestellt ist.

18. Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 17, wobei das Halbleiter-Einzelkristallmaterial aus einer Gruppe gewählt ist, die GaAs, InP und Si umfaßt.

19. Nitrid-Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, wobei das spaltbare Substrat aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt ist.

Hierzu 20 Seite(n) Zeichnungen



Fig. 1

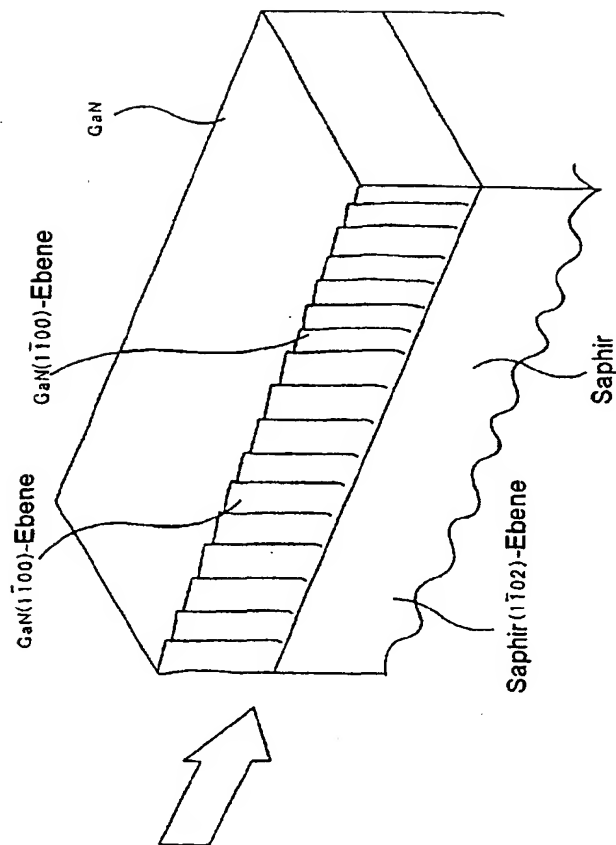
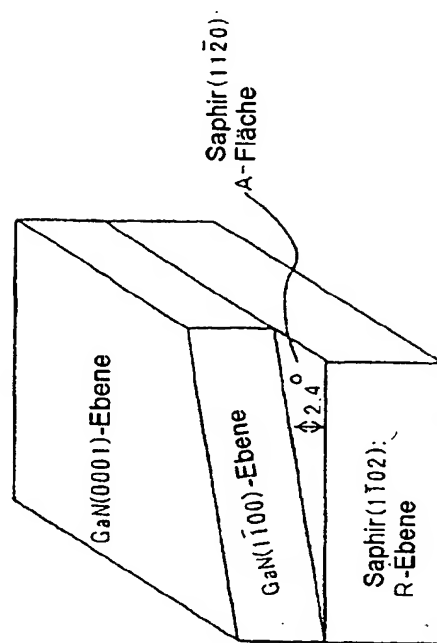
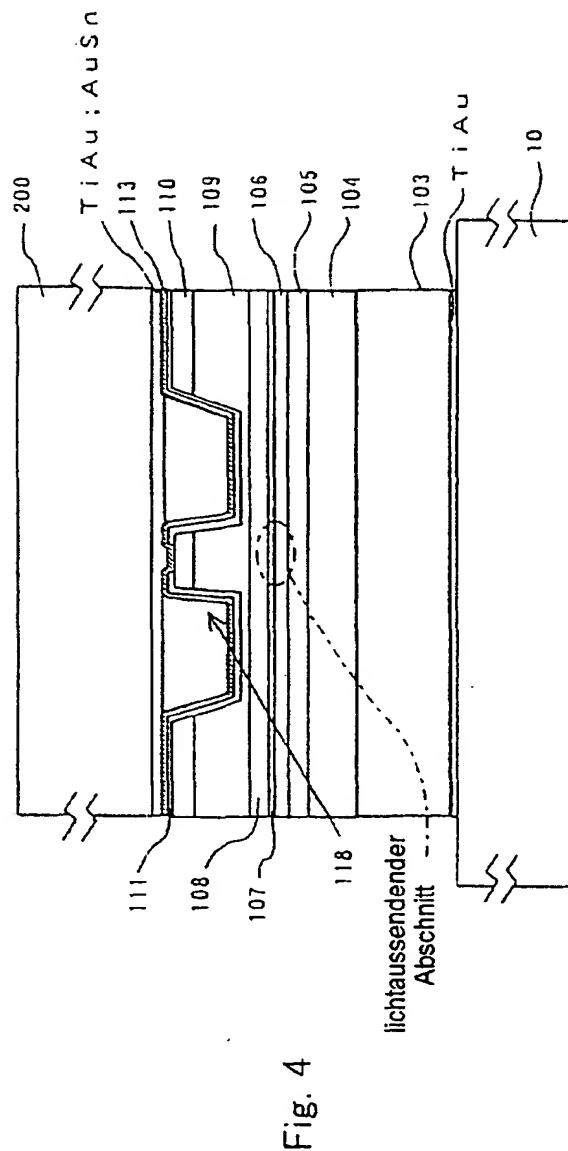
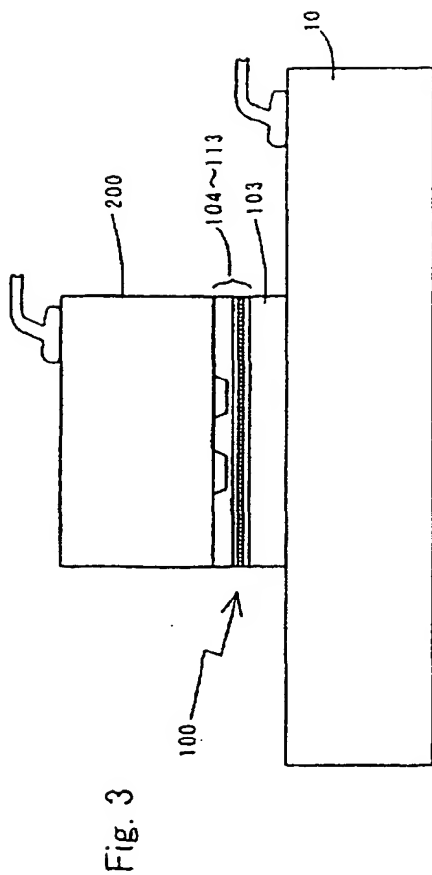


Fig. 2





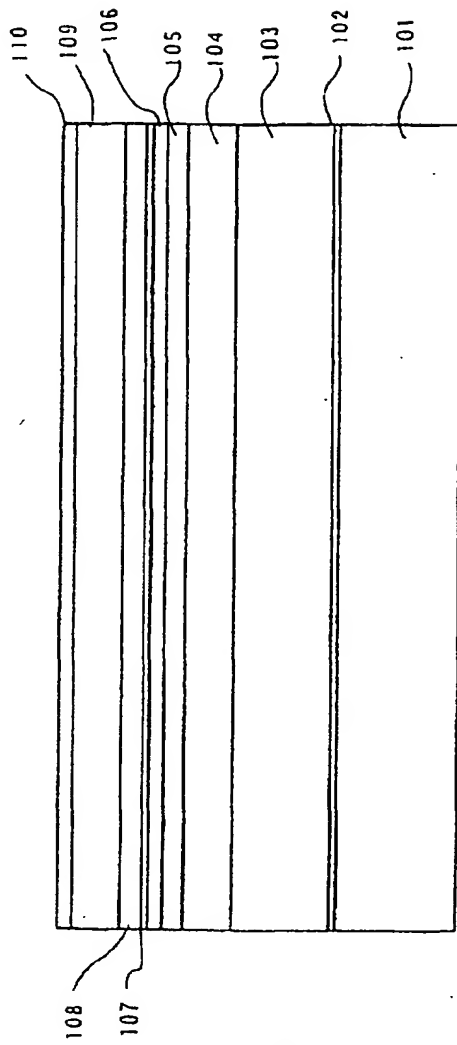


Fig. 5

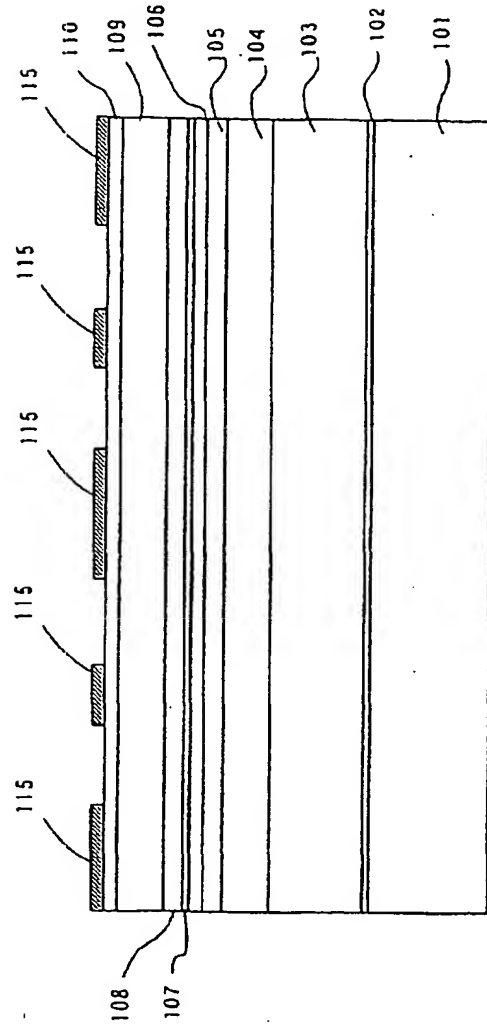


Fig. 6

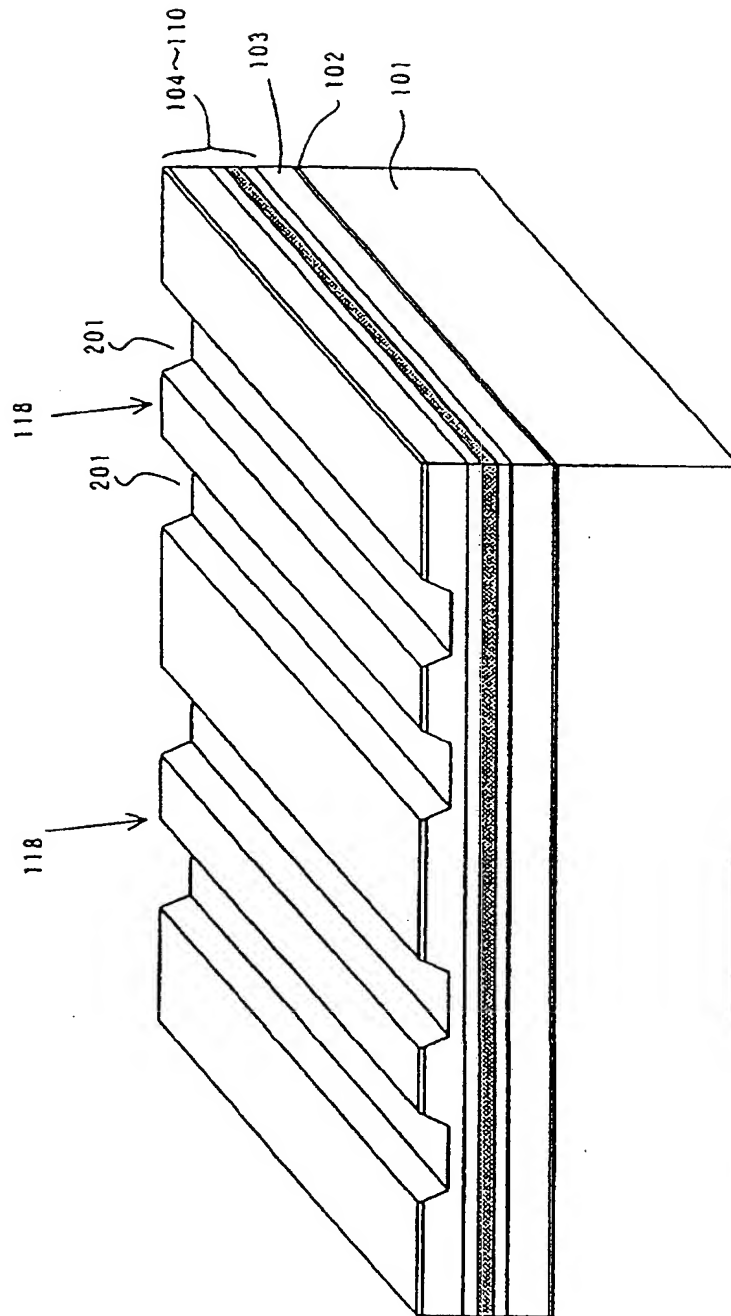


Fig. 7

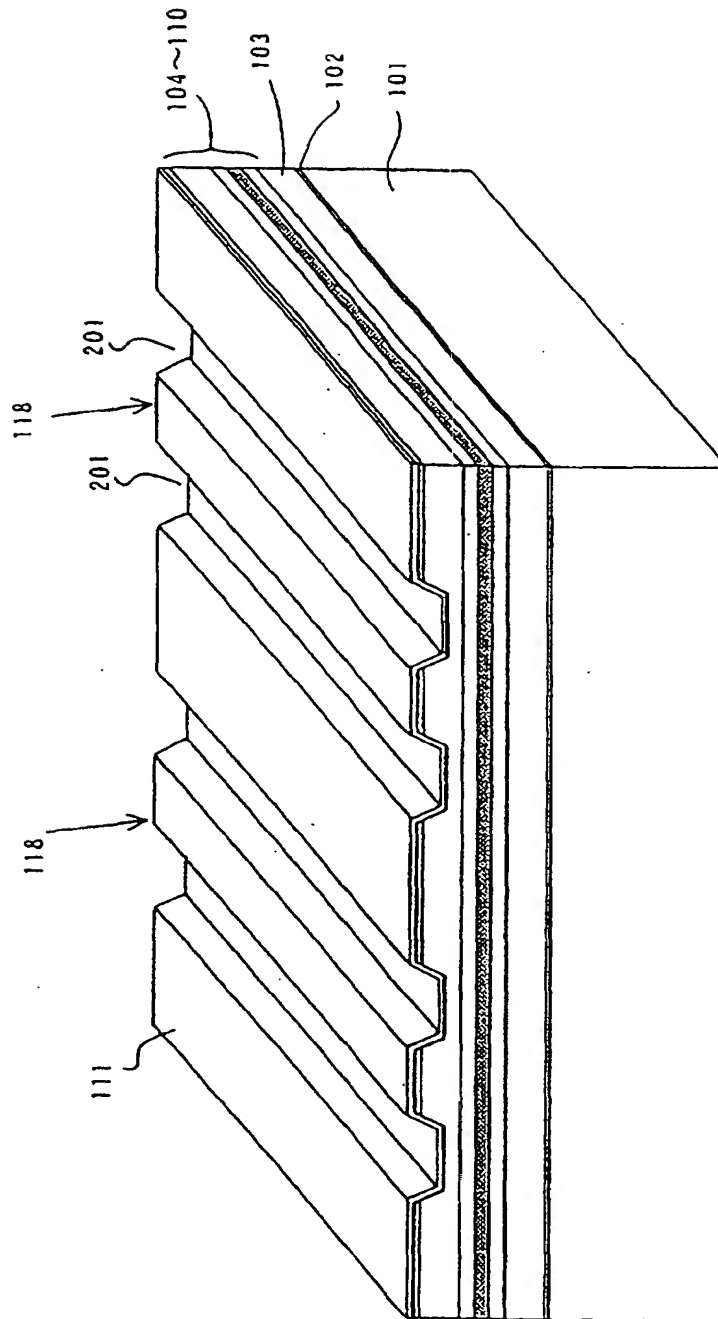
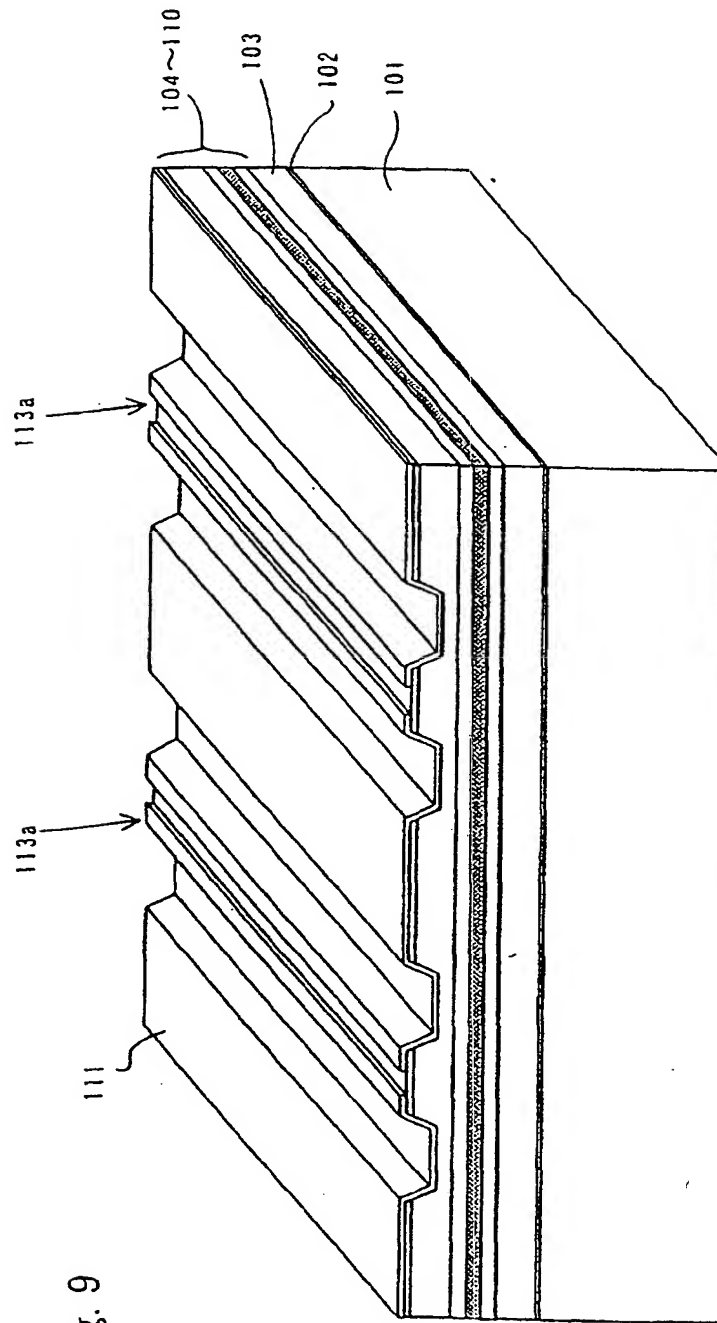


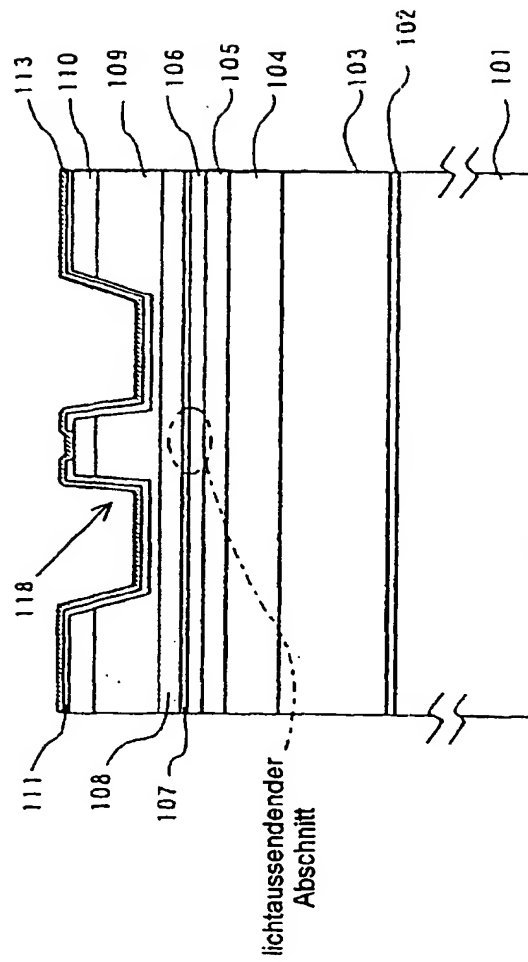
Fig. 8



۹  
مفت



Fig. 10



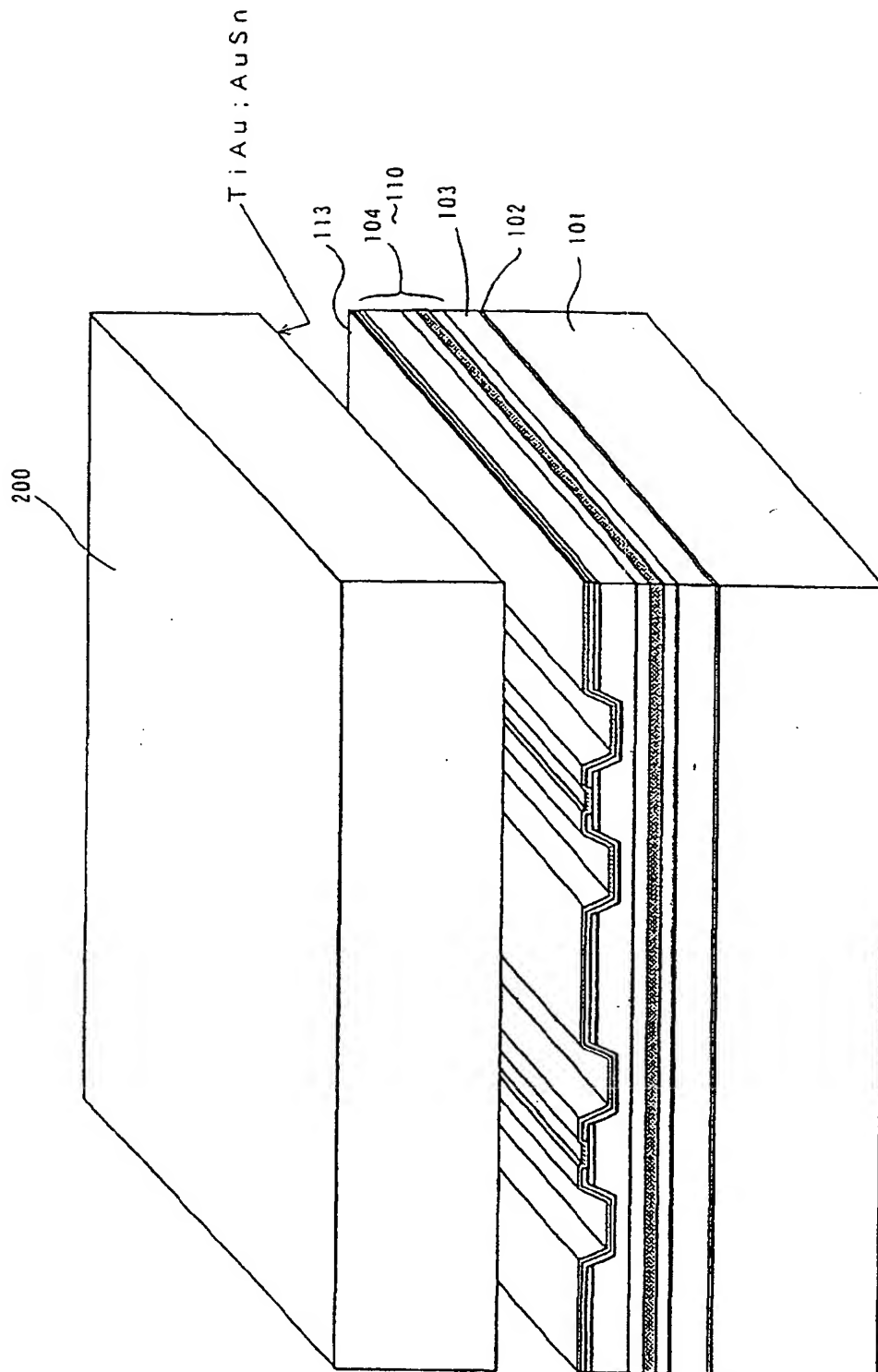


Fig. 11

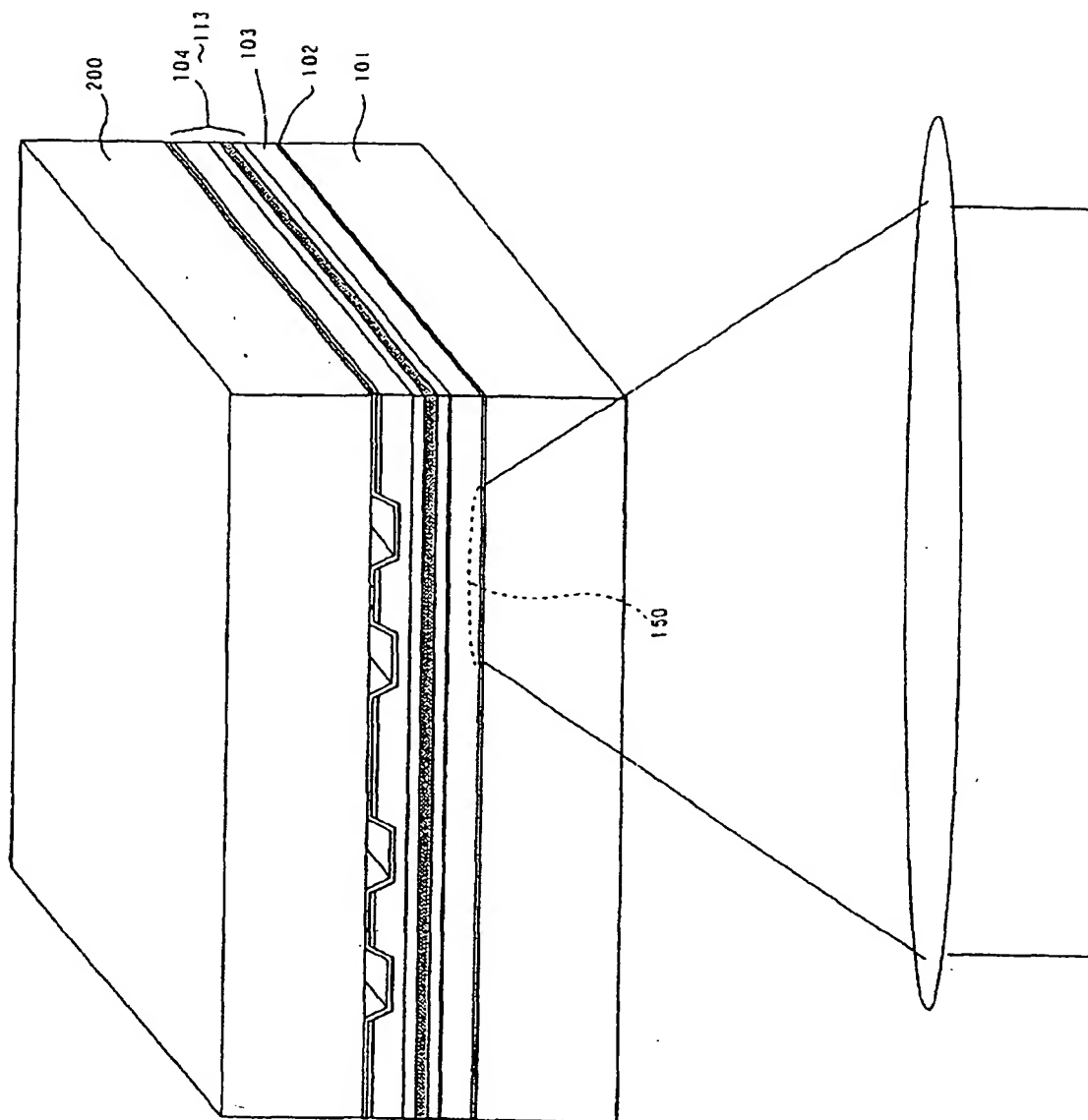


Fig. 12

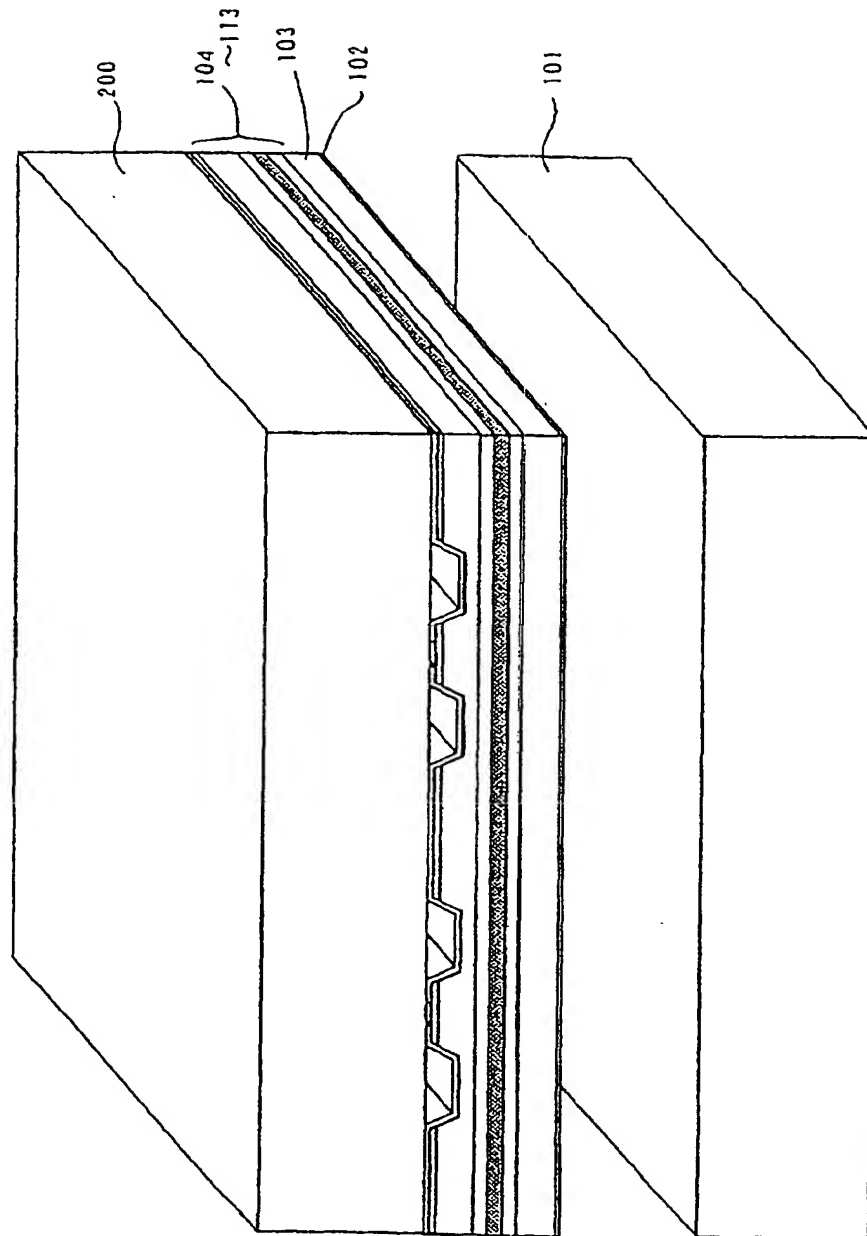
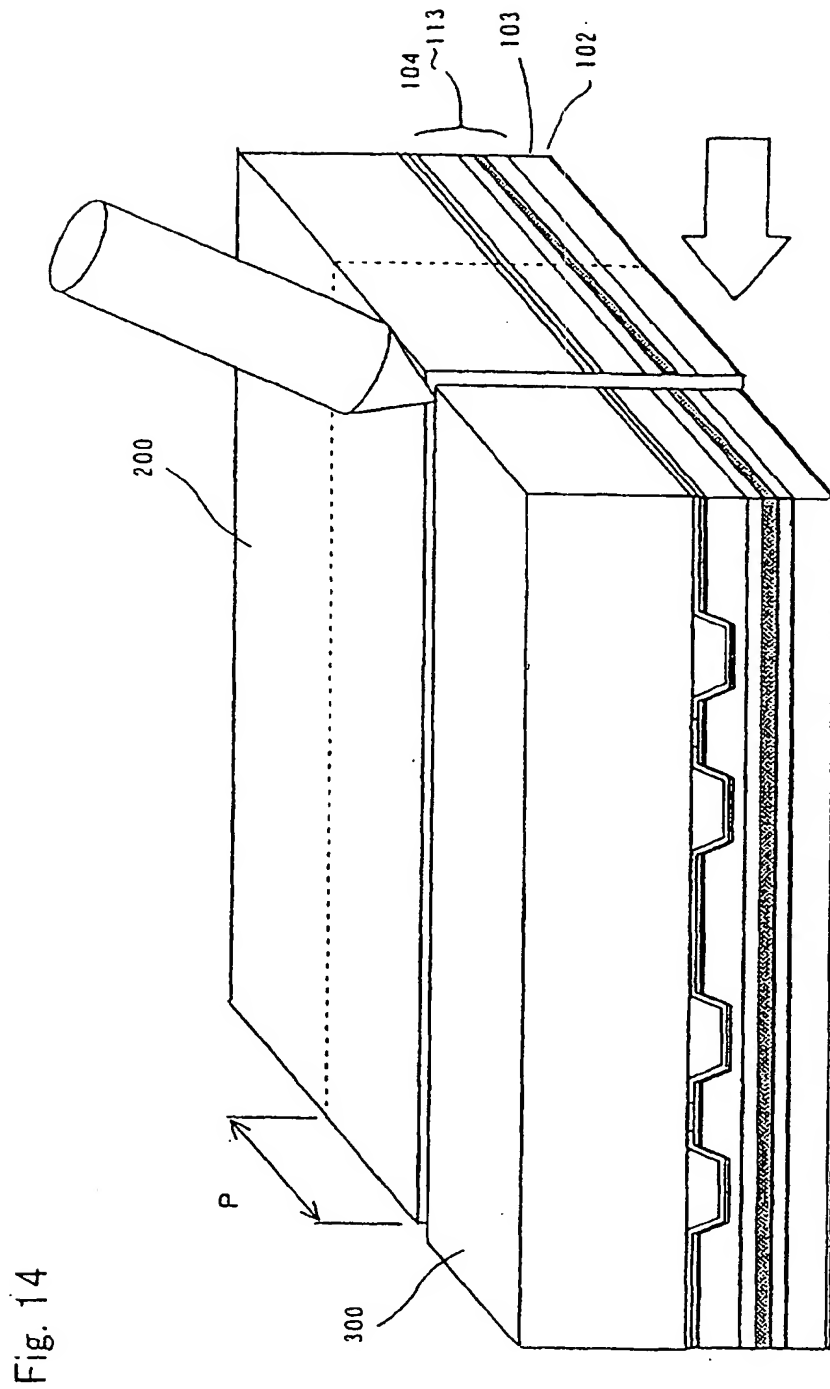


Fig. 13



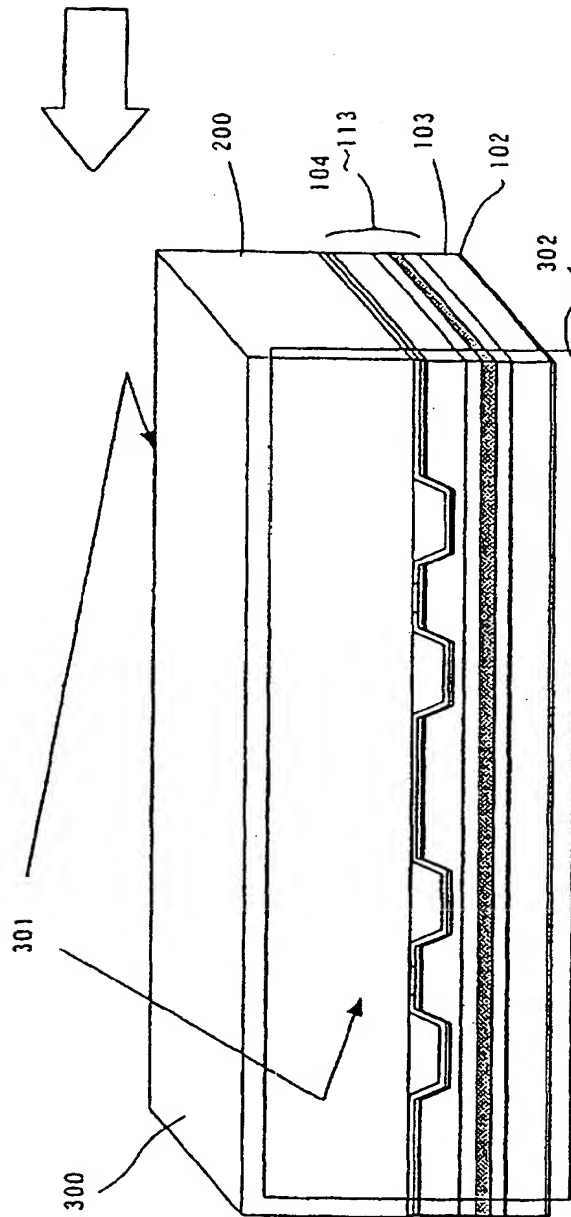


Fig. 15



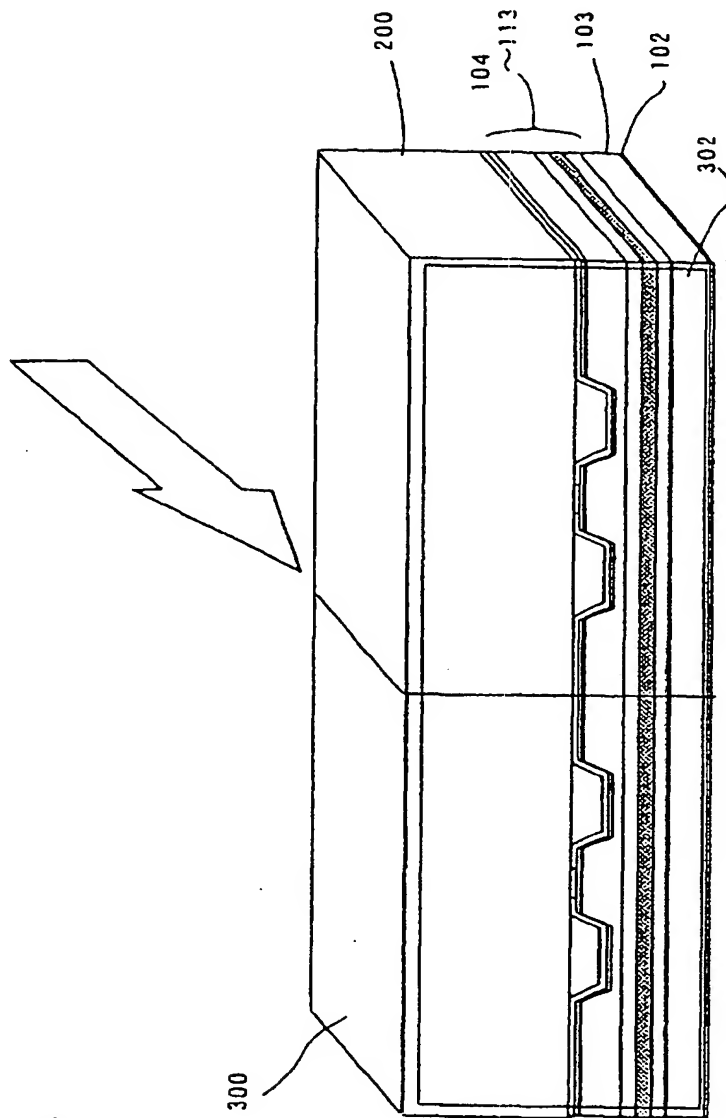


Fig. 16

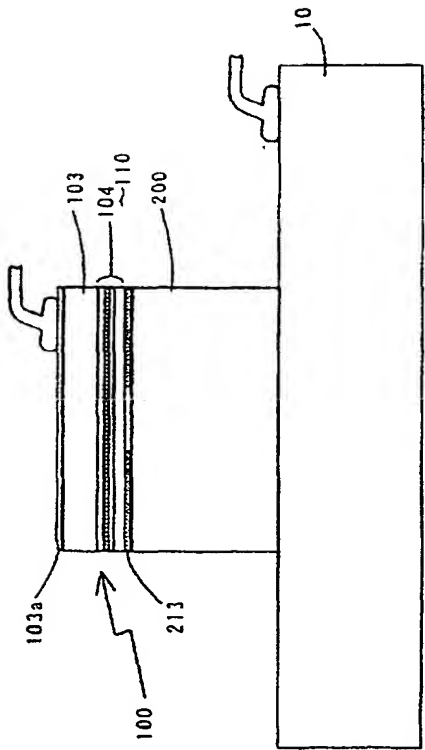


Fig. 17

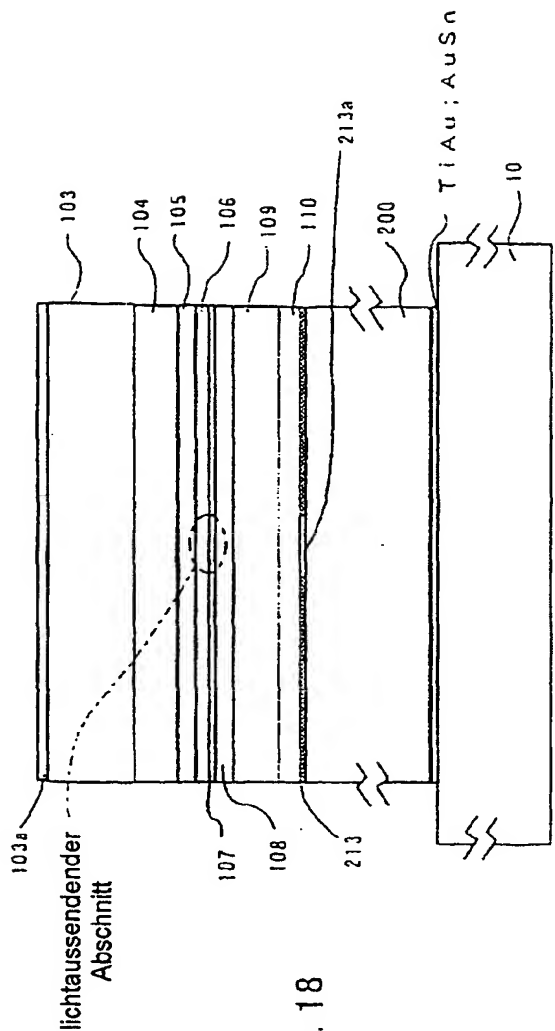


Fig. 18

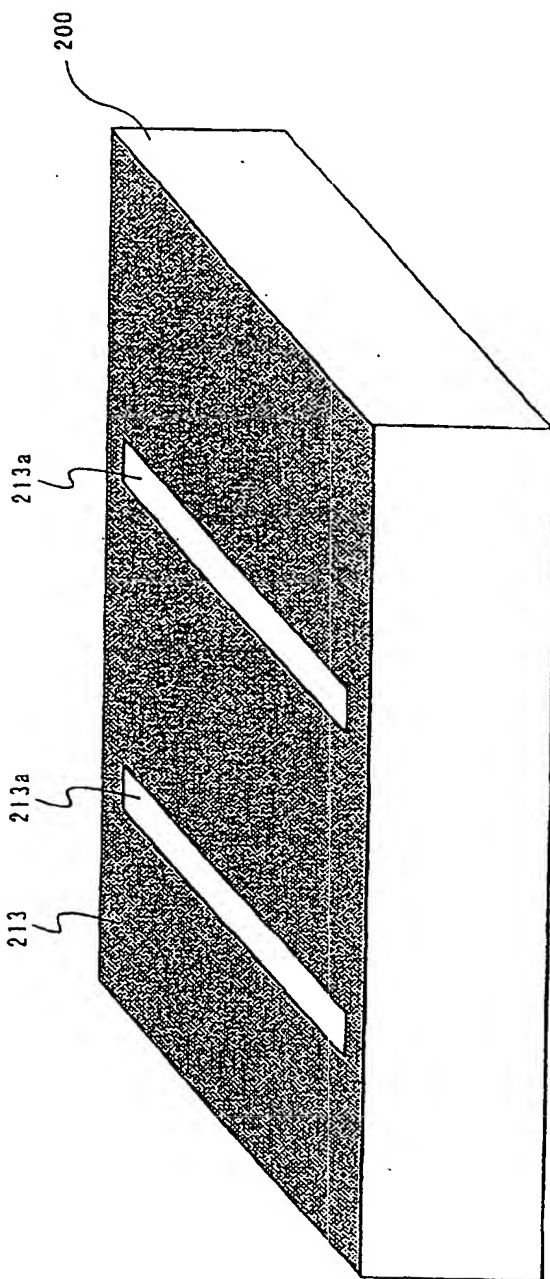


Fig. 19

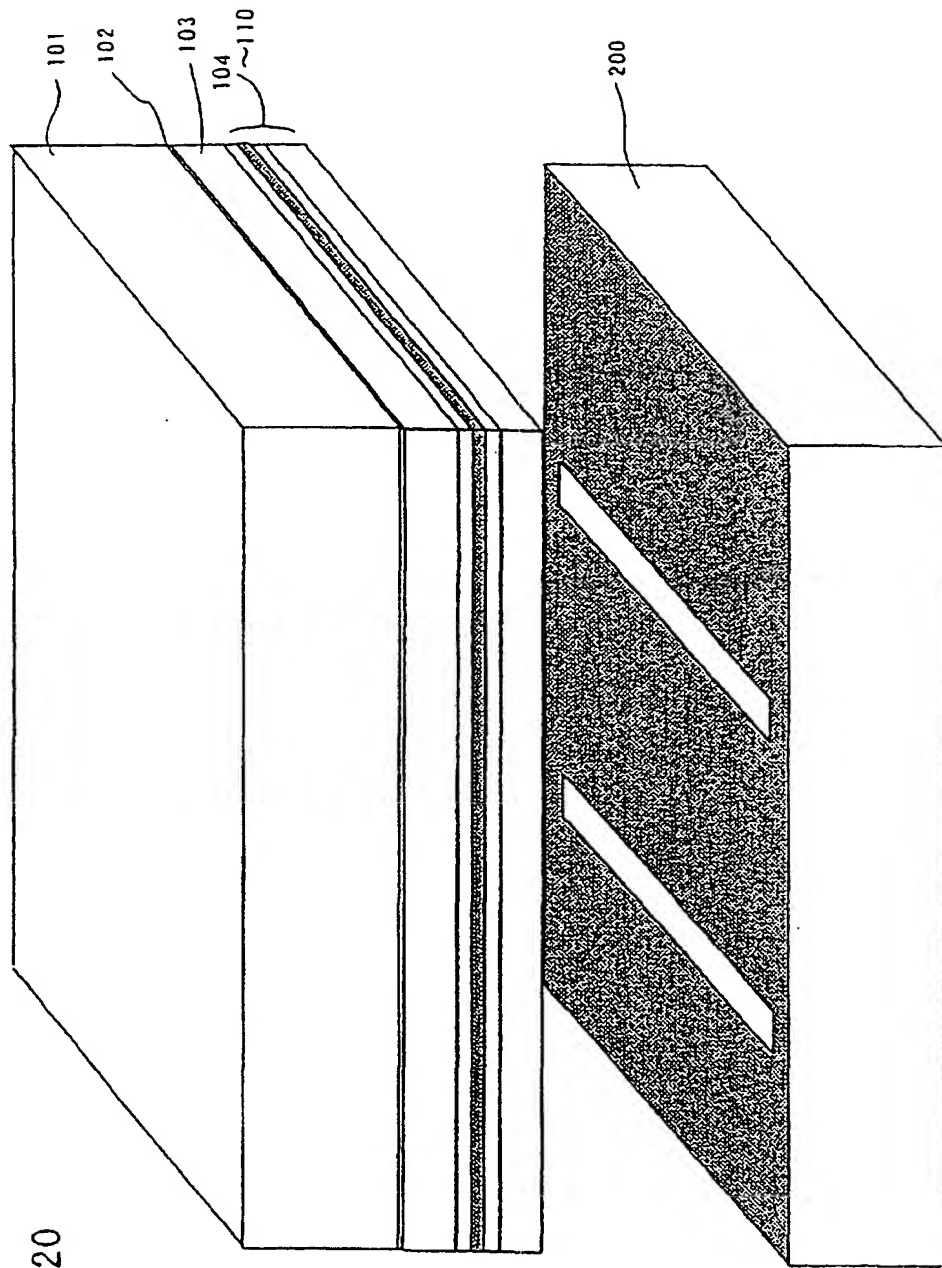


Fig. 20

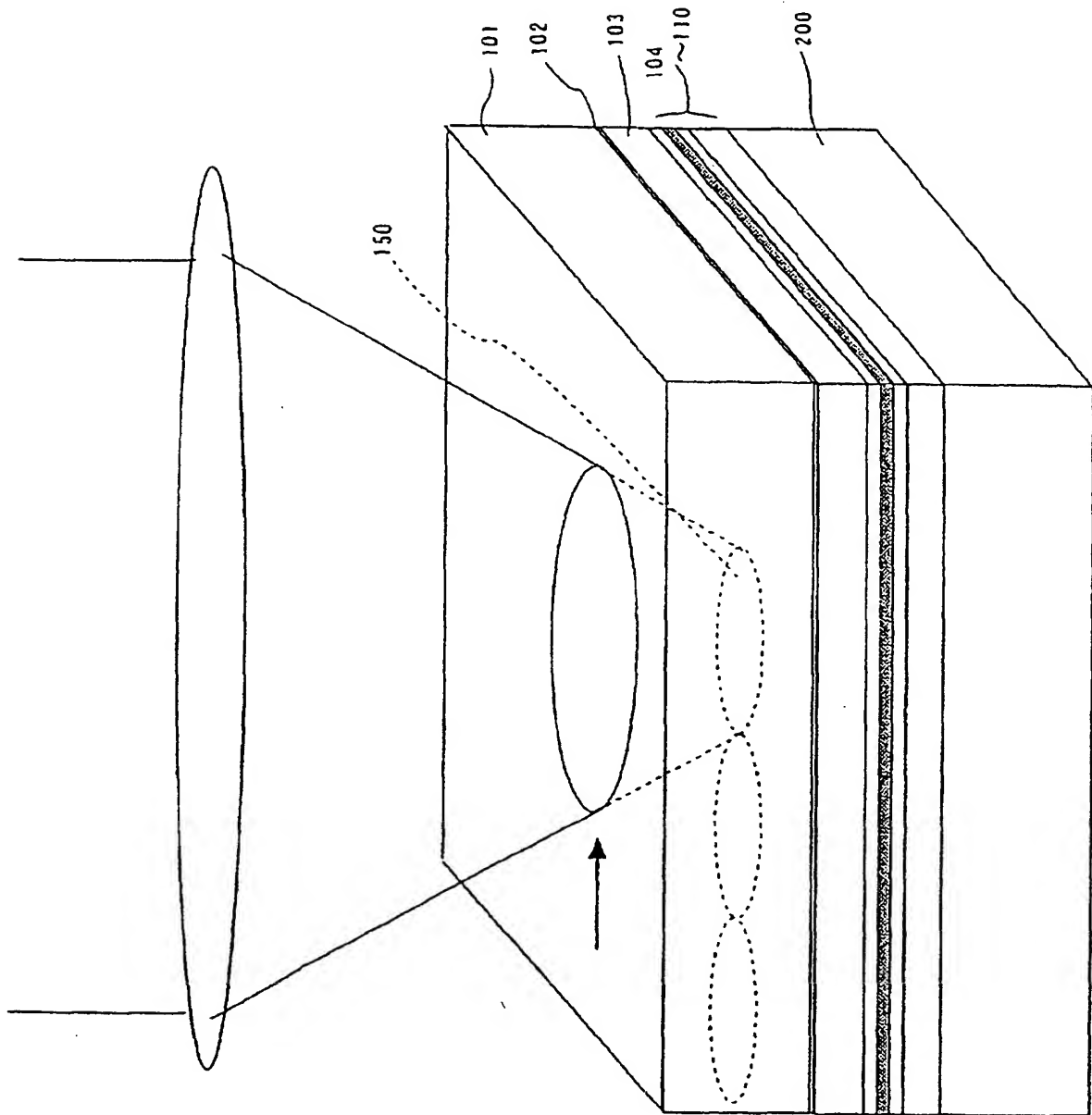


Fig. 21

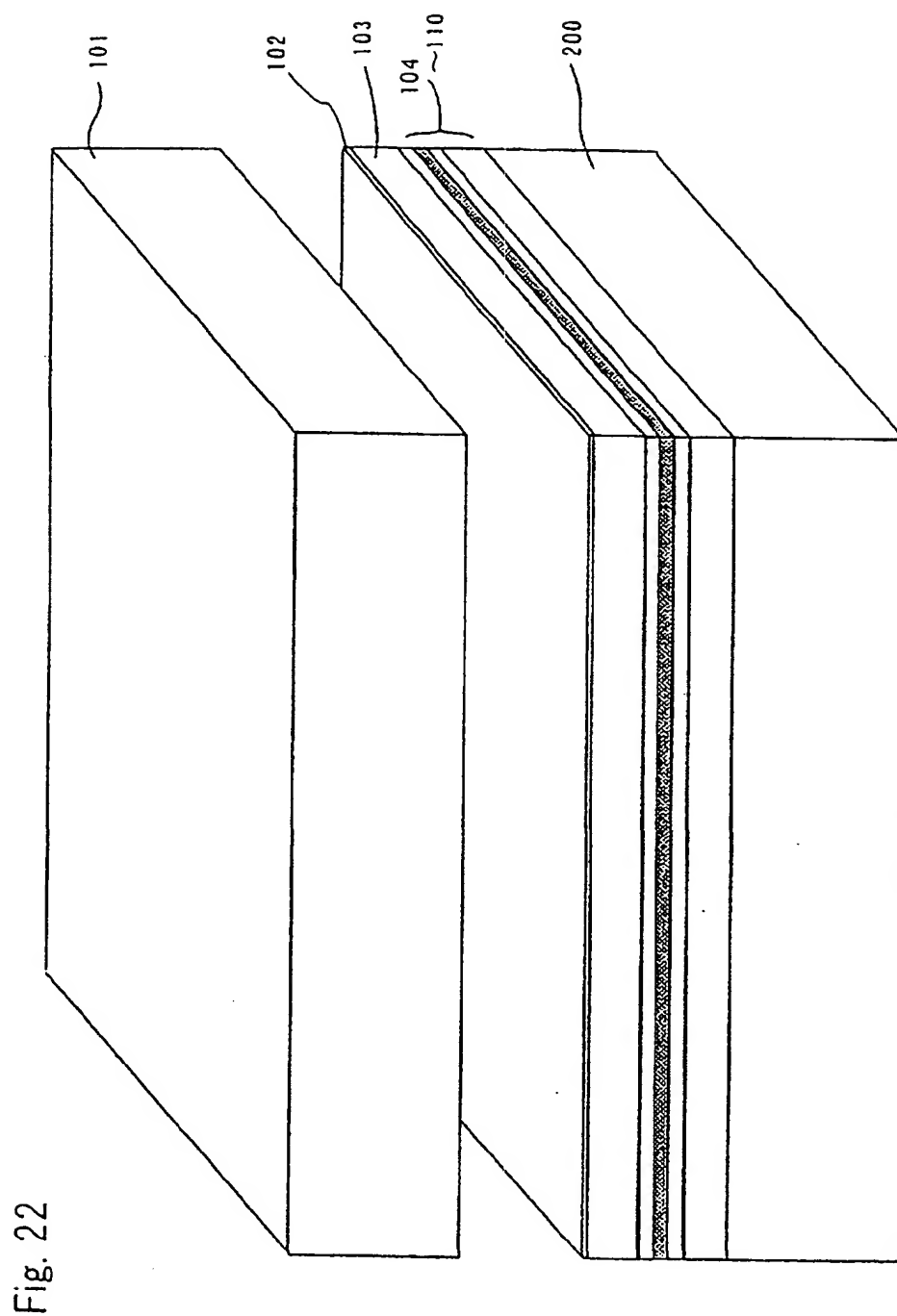


Fig. 22



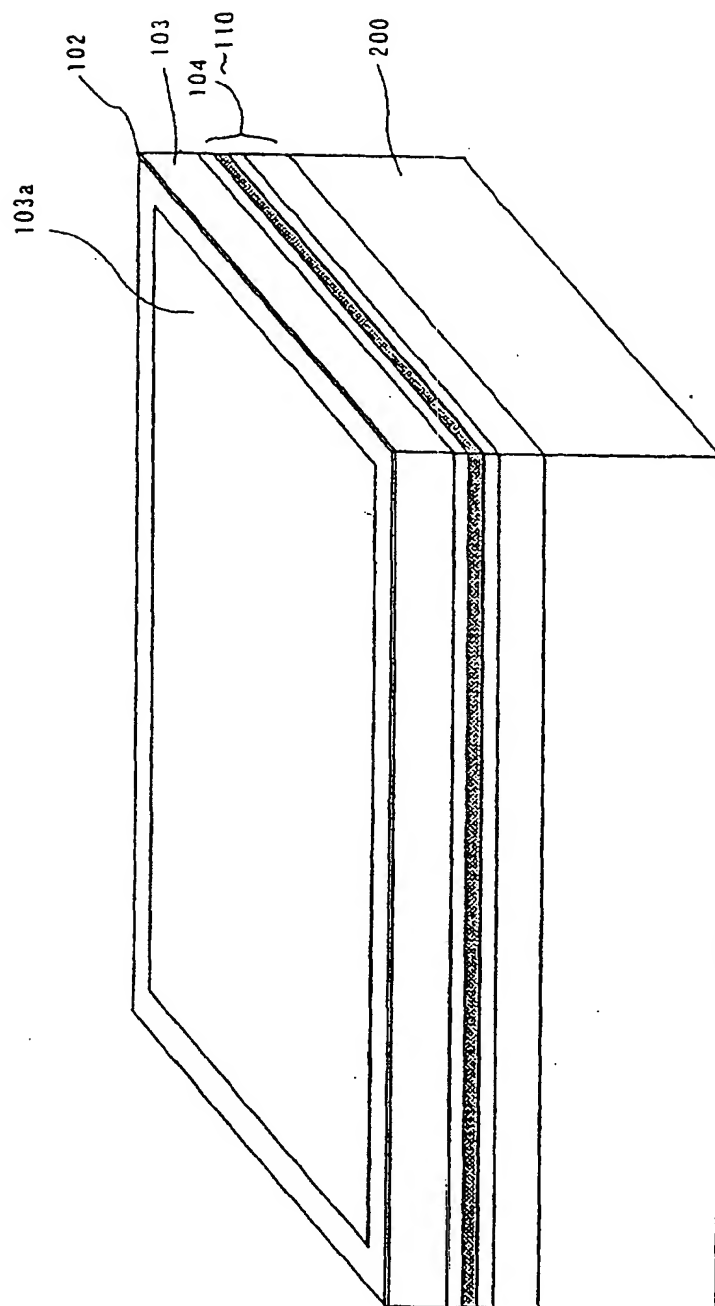


Fig. 23

Fig. 24

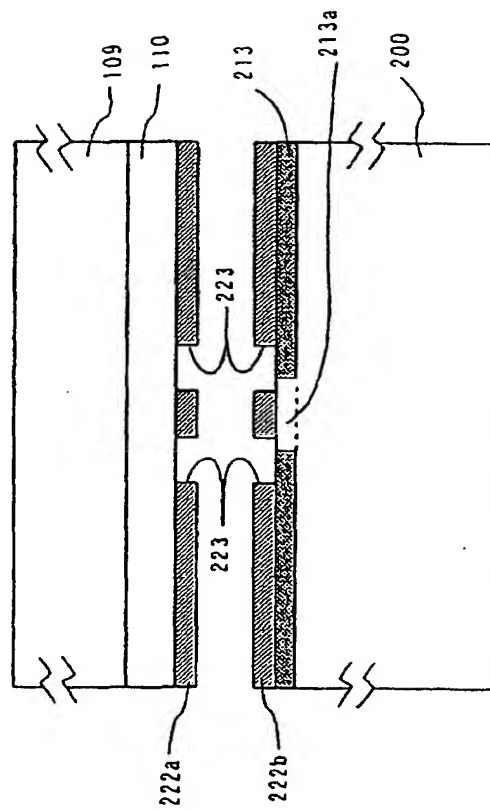


Fig. 25

